

Abordagem Bayesiana para Simulação de Jogos Complexos

Vicente V. Filho Marco Túlio C. F. Albuquerque

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Brasil

Resumo

Este trabalho apresenta uma abordagem bayesiana para simular um ambiente complexo com fins de entretenimento eletrônico. Tal ambiente deve ser suficientemente convincente e desafiador para que um usuário vivencie a experiência de administrar recursos de maneira a atingir um objetivo pré-definido. Utilizamos a técnica para modelar os problemas na administração de uma Universidade e avaliaremos a simulação de acordo com métricas do campo de entretenimento digital.

Palavras-chave: Entretenimento Digital, Inteligência Artificial, Sistemas Complexos, Redes Bayesianas.

Contato dos Autores:
{vvf,mtcfa}@cin.ufpe.br

1. Introdução

Os jogos eletrônicos de simulação são atualmente produtos de sucesso tanto para fins educacionais e de treinamento quanto para entretenimento puro. Exemplos de jogos desse gênero são MS Flight Simulator, SimCity e Civilization. Este gênero de jogo contém uma mistura de habilidade, probabilidade e estratégia para simular algum aspecto da realidade. É comum ainda nesse gênero a realização de atividades de gerenciamento de pessoas, instituições, recursos, dentre outros.

No presente trabalho será considerado um jogo de administração de universidade, o UniverSIM, no qual o usuário assume o papel de Reitor e Administrador de uma universidade responsável por:

- Contratar novos professores;
- Realizar e coordenar a entrada de novos alunos via vestibular;
- Criar novos cursos observando a demanda de mercado;
- Administrar a universidade controlando lucro, custos e investimentos;
- Realizar melhorias nos centros, cursos e na capacitação dos professores.

A proposta desse trabalho consiste em estender a abordagem utilizada no Futsim [Valadares 2002] e comprovar a eficiência de Redes Bayesianas para esse problema utilizando um domínio diferente além de definir uma maneira de apresentar os resultados da simulação de forma clara e sucinta. O estudo de caso utilizado – UniverSIM – pode ser visto como um

sistema complexo [Casti 1997]. Tais sistemas são caracterizados por não ser possível entender seu funcionamento através unicamente da análise do comportamento de seus componentes individuais [Noda & Frank]. Diversos fenômenos naturais e sociais, como por exemplo, os fenômenos climatológicos se enquadram na definição de sistemas complexos. Esses sistemas, apesar de serem interessantes objetos de estudo, são difíceis de serem observados, estudados e manipulados detalhadamente.

2. O Problema

Os sistemas complexos exibem algumas características próprias que dificultam o seu entendimento [Casti 1997]:

- paradoxo aparente;
- instabilidade;
- não-computabilidade;
- conectividade;
- emergência.

Os *paradoxos aparentes* surgem de falsas suposições sobre o funcionamento do sistema, que geram inconsistências entre o comportamento observado e o comportamento esperado. A *instabilidade* é caracterizada por bruscas mudanças nas saídas dos estados internos do sistema causada por pequenos eventos, aparentemente inofensivos. Embora exista uma suposição de que existam regras regendo os sistemas complexos, existe a possibilidade de serem efetivamente *não-computáveis*, ou seja, intratáveis. A *conectividade* vem do fato deste tipo de sistema apresentar uma grande interação entre as suas variáveis, impedindo assim que se faça uma decomposição adequada de seu comportamento. Esses sistemas apresentam também um comportamento *emergente*, ou seja, é comum a observação de comportamento geral do sistema muito mais complexo que o comportamento individual de seus componentes.

A simulação de sistemas complexos para fins de entretenimento, além de exibir os mesmos problemas dos sistemas complexos em geral, apresenta características próprias. Sendo elas: *teoricamente infinita* e *interativa*. Teoricamente infinita por natureza, pois embora apresente também objetivos específicos a serem cumpridos, não há uma situação clara que determine que o jogo chegou ao fim, como o xeque-mate no xadrez. A simulação para esse fim é interativa, pois o usuário afeta o sistema em tempo real, e não apenas na fase de preparação inicial, como acontece normalmente com outros tipos de simulação.

O ambiente universitário é um excelente exemplo de um sistema complexo. Uma pequena variável como o salário dos professores, gera eventos de grandes proporções como greves e paralisações, evidenciando a instabilidade do mesmo. A simulação de satisfação de todos os indivíduos – professores, alunos e servidores – é computacionalmente intratável. Diversas variáveis são interligadas, a eficiência do aluno, por exemplo, é afetada por diversos itens como satisfação do professor, expectativa do aluno com relação ao curso, problemas familiares, qualidade da biblioteca, entre outros. E por fim, a interação entre alunos é um fenômeno social do qual emergem comportamentos grupais não observados individualmente. Dessa maneira, o cerne da simulação do UniverSIM envolve principalmente a parte de criação do modelo e de um motor de Inteligência Artificial que irá fazer este modelo evoluir.

3. Estado da Arte

A modelagem de sistemas complexos é classicamente feita através de abordagens matemáticas. Estas abordagens têm obtido êxito em lidar com os mais diversos sistemas dinâmicos complexos [Gharajedaghi 1999]. Entretanto, não há uma teoria matemática capaz de tratar adequadamente a modelagem de sistemas complexos que tenham características e organização definidas, como esportes e jogos de simulação [Casti 1997]. Idealmente, a modelagem deste tipo de sistema deveria se aproveitar do conhecimento disponível sobre o domínio, como o conhecimento existente sobre universidades inserido nas pessoas que vivenciam o ambiente e / ou em dados estatísticos de instituições reais. Dessa maneira, uma abordagem baseada em conhecimentos prévios em domínios que apresentam incerteza deve ser utilizada para atacar o problema. Podemos destacar as seguintes técnicas [Bittencourt 2001]: modelagem simbólica, das evidências e a probabilística.

A abordagem simbólica é representada pelo uso de regras de produção ou de outros formalismos equivalentes. A maioria das simulações na indústria de jogos utiliza uma variação desta abordagem, implementando as interações e o comportamento das entidades através de formalismos diversos como autômatos finitos e sistemas baseados em regras.

A teoria de evidências lida com a distinção entre ignorância e incerteza. Ao invés de calcular a probabilidade de certa proposição, ela calcula a probabilidade de que a evidência apresentada suporta este fato, através de uma função de credibilidade.

As abordagens que fazem uso da teoria da probabilidade são as formas mais tradicionais de se tratar conhecimento com incerteza como, por exemplo, a utilização de redes bayesianas por Judea Pearl [1986].

4. Abordagem Bayesiana

Conforme descrito anteriormente, no caso de sistemas complexos fortemente baseados no domínio, se faz necessária uma abordagem baseada em conhecimento. As opções de abordagem desse tipo existentes atualmente são: a abordagem simbólica, a difusa, a das evidências e a probabilística.

As abordagens anteriormente citadas apresentam o mesmo problema: elas não possuem semântica clara e definida. O formalismo das redes bayesianas [Jensen 2001] aparece então como uma solução tanto para o problema de modelagem do domínio quanto para o de simulação. As redes não apenas são uma forma de expressar conhecimento de maneira simples e clara, como mecanismos corretos de raciocínio sobre este conhecimento em domínios que apresentam incerteza. Entretanto, apesar de sua capacidade para tratar incerteza, as redes bayesianas apresentam dois problemas para nossos propósitos. Primeiramente, têm sido utilizadas para raciocínio, e não simulação e mudanças dependentes de eventos. E segundo, não são capazes de expressar conceitos de entidade e relacionamento.

Para resolver essas limitações, utilizamos a abordagem adotada no FutSim através do uso das redes acopladas a objetos, que são capazes de armazenar conceitos de entidade e relacionamento, para complementar as redes. Nesse caso, as redes ficam responsáveis por descrever, de acordo com os acontecimentos, como e com que probabilidade esses eventos irão afetar as entidades envolvidas. Os eventos que têm consequências determinísticas são modelados através de regras. Por exemplo, a redução de salários gera corte de custos imediato. Entretanto, para modelar o efeito dos eventos incertos, como a satisfação do professor após a redução de salários, é utilizada Redes Bayesianas.

Para a criação das redes, foi necessário adquirir o conhecimento a ser utilizado para a sua modelagem. Este conhecimento pode ser adquirido de muitas formas, como por exemplo, mineração de dados ou aprendizagem de máquina a partir de uma base de dados com casos reais. No entanto, tais dados não são de fácil acesso devido ao fato de que diretores, ou donos, de universidades não estão propensos a liberar dados que podem concluir, por exemplo, que grande parte de seus alunos ou professores estão insatisfeitos. Dessa forma, para o UniverSIM, utilizaremos dados provenientes de três fontes: pesquisa das universidades e das leis que regem o seu funcionamento, entrevistas com um especialista em administração de universidades e pesquisa com as pessoas que vivenciam o campus: professores, alunos e servidores.

Nessas pesquisas obtemos informações sobre vários aspectos do cotidiano do campus, como os valores

médios de salários dos professores e servidores, da estrutura aproximada das universidades e seus centros e de quais componentes formam um Centro de Ensino de qualidade. Essas informações possibilitaram uma modelagem realista, de considerável credibilidade.

4.1 Modelo Utilizado

Todos os elementos que compõe a modelagem do Universim foram abstraídos em dois conceitos principais: o de entidades e o de eventos. As entidades representam todas as estruturas relevantes para o modelo, desde personagens, como os professores, alunos e servidores, até estruturas físicas, como os centros acadêmicos e a reitoria. Cada uma das entidades possui um conjunto de atributos. Os atributos podem ser de dois tipos: categórico ou *booleano*. Os atributos categóricos podem assumir os valores como: muito ruim (1), ruim (2), regular (3), bom (4) ou muito bom (5) e também A, B, C, D, E, entre outros. E os atributos *booleanos* que assumem os valores existe (1) ou não existe (0).

No caso do Universim, o objetivo era capturar os aspectos adequados do mundo de administração de universidades de forma simples sem comprometer a qualidade do jogo. As seguintes entidades foram criadas: Centro Acadêmico e Reitoria. O *Centro Acadêmico* é entidade que representa os centros acadêmicos de uma universidade (humanas, exatas e saúde). É composto pelos seguintes atributos, definidos pelo usuário, categóricos: “Infra-estrutura”, “Biblioteca”, e “Qualidade de Vida” e ainda os seguintes atributos *booleanos*: “Estacionamento” e “Laboratórios”. Além desses, alguns atributos são internos da rede para fins de simulação como pode ser visto na próxima seção. A entidade *Reitoria* funciona de forma semelhante possuindo os atributos categóricos: “Segurança” e “Ornamentação”, e os seguintes atributos *booleanos*: “Áreas de Lazer” e “Refeitório”. A Figura 1 ilustra essas características em maiores detalhes. Esses atributos são definidos pelo usuário. Outros, a exemplo do centro, são definidos como nós internos da rede para fins de simulação.

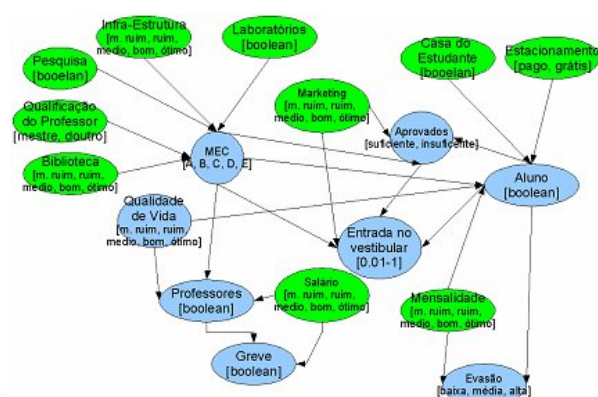


Figura 1 Rede Bayesiana do Centro Acadêmico

A modelagem e a implementação das entidades pode ser feita através do uso do paradigma de

orientação de objetos. Esse tipo de modelagem complementa as redes bayesianas e possibilita a utilização de uma linguagem de uso geral sem a necessidade de outra linguagem de representação que não as próprias redes bayesianas. Esta abordagem, adotada pela maioria das simulações de entretenimento na indústria atualmente, é um ótimo compromisso entre a clareza do modelo, expressividade e poder computacional. Após a definição da estrutura deste modelo, deve ser feita a definição de como os objetos vão interagir entre si, e de como as inferências necessárias serão feitas.

Os eventos são os acontecimentos do mundo. Quando eles ocorrem, a consequência de sua execução é influenciada pelo estado atual do mundo, que está armazenado nas entidades. Entretanto, logo após a realização destes eventos, os seus resultados são aplicados de volta ao estado do mundo. É esta relação entre as entidades e os eventos que permite ao modelo do mundo, a ser implementado no Universim, evoluir com o passar do tempo. Os eventos no Universim podem apresentar dois tipos de resultados: determinísticos e não-determinísticos. Os determinísticos são os que, dadas as mesmas condições iniciais, apresentam sempre os mesmos resultados. Já os não-determinísticos podem ser sempre diferentes independentemente das condições iniciais.

Um resultado determinístico, como o do evento de alteração do salário dos professores, é caracterizado pela simples alteração do estado de uma entidade (neste caso, do Professor). Por exemplo, o evento “Reduzir Salário dos Professores” altera o valor pago aos professores através de uma ação do usuário na interface do jogo. O estado da entidade “Professor” é alterado através da modificação das características desejadas na tela do Universim. Por exemplo, o usuário escolhe um centro da universidade e modifica o salário dos professores daquele centro específico.

Já eventos com resultados não-determinísticos, como a reação de um Professor por ter tido o seu salário reduzido, são caracterizados por uma atualização de crença em uma rede bayesiana, seguida pela alteração no estado de alguma entidade. Quando este evento acontece, as entradas da rede em questão são carregadas com a informação disponível no mundo. Através desta propagação de evidência, as probabilidades de cada uma das saídas possíveis são calculadas. Para definir qual o efeito que este evento vai ter no mundo, uma das saídas é escolhida aleatoriamente, com chance proporcional a estas recém-calculadas probabilidades. O resultado sorteado é então aplicado ao estado da entidade em questão.

Por exemplo, a evento/ação de “Reduzir Salário dos Professores” tem como resultado a diminuição dos salários pagos aos professores. Como o resultado dessa ação é não-determinístico, este método utiliza uma Rede Bayesiana, para modelar este efeito da modificação do salário para identificar a satisfação dos

professores. Esta rede, a qual simula a satisfação do professor, descrita na Figura 2, tem como entradas o salário do professores, a nota do MEC para o centro de ensino ao qual o professor está vinculado e também a qualidade de vida. A qualidade de vida considera vários aspectos da universidade tais como Segurança, Refeitório, Clube Universitário, dentre outros itens.

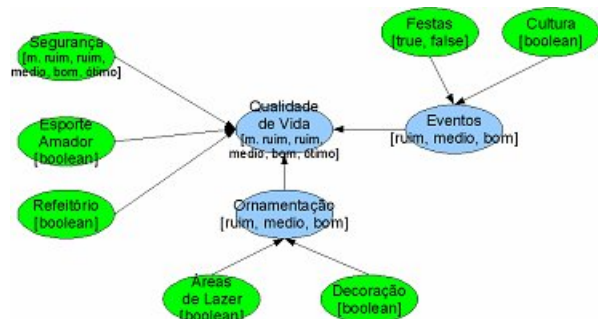


Figura 2 Rede bayesiana da Reitoria

É importante notar que estamos fazendo um uso não convencional de redes bayesianas. Estas geralmente são instanciadas para uma situação específica; no nosso caso, nós a utilizamos para atender a um conjunto de situações do mesmo tipo. Esta instancição para uma situação específica é feita através do carregamento nas entradas da rede das entidades Centro e Reitoria. Após esta utilização, a rede instanciada é jogada fora. Com isto, nós criamos uma aplicação utilizando um modelo de simulação que combina conceitos de entidade, relacionamento, probabilidade e tempo.

4.2 Apresentação dos Dados

A natureza complexa da simulação do UniverSIM dificulta o entendimento, por parte do usuário, sobre a situação do simulador a cada instante do jogo. No entanto o usuário precisa obter informações de forma clara sobre o estado da simulação para avaliar o resultado das ações já realizadas assim como para se basear para a tomada de decisões futuras. Resumindo, o problema da apresentação dos dados da rede bayesiana consiste na (1) definição das informações relevantes da rede a serem mostradas além da (2) criação de uma forma objetiva para transferir as informações para o usuário.

A solução adotada para o problema na apresentação dos dados no UniverSIM consistiu na criação de um jornal periódico – espécie de jornal universitário – com notícias sobre a universidade (ver Figura 3). Dessa maneira, o jogador ao ler as notícias do jornal obtém as informações sobre a satisfação das pessoas que compõem a universidade.



Figura 3 Jornal Universitário do UniverSIM

5. Conclusão

A utilização de redes bayesianas para a simulação possui pontos bem interessantes identificados durante os testes do aplicativo. O ponto principal é a inserção de incertezas dando uma maior dificuldade, o que é bom no caso de entretenimento, de entender o funcionamento interno da simulação. Dessa maneira, mesmo seguindo os mesmos passos em duas instâncias do jogo, o jogador não terá os mesmos resultados. No entanto, um conjunto de boas escolhas gera sempre uma universidade de sucesso no longo prazo.

O segundo ponto consiste na resolução do problema da apresentação dos dados. A criação do jornal periódico com notícias da universidade solucionou o problema de simplificação e abstração da complexidade da simulação.

Referências

- BITTENCOURT, G. (2001). Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias. Editora da UFSC, Segunda Edição.
- CASTI, J. L., 1997. "Would-be Worlds: How Simulation are Changing the Frontier of Science". John Wiley and Sons.
- GHARAJEDAGHI, J., 1999. "Systems Thinking: Managing Chaos and Complexity: A platform for designing Business Architecture". Butterworth-Heinemann.
- GORRY, G. & BARNETT, G., (1968). "Experience With a Model of Sequential Diagnosis". Em "Computers and Biomedical Research", v.1, p. 490-507.
- JENSEN, F. V., 2001. "Bayesian Networks and Decision Graphs (Statistics for Engineering and Information Science)". Springer-Verlag.
- PEARL, J., 1986. "Fusion, Propagation, and Structuring in Belief Networks". Em "Artificial Intelligence". Amsterdam, v.29, p. 241-288.
- VALADARES, J. L. F. & RAMALHO, G. L., 2002. "Simulação de Jogos de Gerenciamento Complexos com Redes Bayesianas: Estudo de Caso do FutSim". Em: "Anais do 1º Workshop de Teses e Dissertações em Inteligência Artificial". Porto de Galinhas