

Análise e modelagem de um sistema de geo-informações para aplicações em pesquisa de sustentabilidade agrícola

Ronaldo Pereira de Oliveira

ronaldo@cnps.embrapa.br

EMBRAPA - CNPS, Centro Nacional de Pesquisa de Solos;
Rua Jardim Botânico 1024 , Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, 22.460-000.
Tel.: (55) (021) 274 49 99; Fax: (55) (021) 274 52 91.

Gert Jan Hofstede

gertjan.hofstede@users.info.wau.nl

WAU - Wageningen Agricultural University; Department of Computer Science;
Dreijenplein 2, 6703-HB, Wageningen, The Netherlands.
Tel.: (31) (031) 748-46-30; Fax: (31) (031) 748-31-58.

Resumo

Este documento reporta a análise e modelagem de um sistema de geo-informação aplicado a pesquisa de agricultura sustentável em nível sub-regional. A perspectiva é a de explorar as interações dos pesquisadores com modelos de simulação, permitindo a abstração de indicadores potenciais de sustentabilidade. A definição do problema relacionando questões de sustentabilidade com requisições da tecnologia da informação é apresentada segundo conceitos da teoria da geo-informação (Molenaar, 1995). Aplicou-se a tecnologia de orientação a objetos ao desenvolvimento do sistema de geo-informação conforme a metodologia Booch (1994). A tradução dos resultados da análise orientada a objetos num modelo lógico relacional (INFO) que pode oferecer uma estrutura simples e eficaz. O protótipo do aplicativo proporciona a simulação de cenários considerando as hipóteses do usuário em relação ao balanço entre modelos de erosão de solos (USLE) e sistema de previsão de sistemas de produção de plantas (QLE). A interface pode oferecer a calibração dos parâmetros dos modelos de forma facilitada, manipulação de valores por janelas, integrando o conhecimento do campo com interações dos modelos.

Abstract

This document reports a geo-information system analysis and design applied to research in sustainable agriculture at sub-regional level. The perspective is to explore interactions of researchers with simulation models, in order to give insights on potential indicators of sustainability. The problem definition relating sustainability questions with requirements for information technology is presented within concepts of geo-information theory (Molenaar, 1995). The object-oriented technology applied to geo-information system development was exercised through the methodology presented in Booch (1994). The translation of results from analysis into a relational database (INFO) logical model could offer a simple but useful data structure. The application prototype offered simulation of scenarios that considers user's hypothesis for the balance between soil erosion model (USLE) and the production system yield prediction model (QLE). The interface opens model's parameter for value update during simulations integrating the surveyor knowledge with model's interactions.

Palavras Chaves

SIG, GIS, Geo-informação, Análise, Modelagem, Orientação a Objetos, Interoperabilidade, Modelo de Dados Geográficos, Agricultura Sustentável, Modelos de Erosão de Solos, Modelo de Sistemas de Produção, e Indicadores de Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Na evolução da tecnologia de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas - SIG ou GIS), temos início em sistemas computacionais de aplicação genérica onde se tornava possível a superposição de temas para fins de uma representação cartográfica estática do modelo mental do pesquisador. A perspectiva atual é de adequação de sistemas genéricos a uma aplicação de diretrizes bem definidas. Isto implica na utilização de tecnologias que possibilitem o desenvolvimento em ambiente GIS, com objetivos mais dinâmicos, em termos da simulação e da validação de relações interdisciplinares ou dos próprios modelos considerados.

Por meio da análise e modelagem dos objetos terrenos abstrai-se uma simplificação da realidade em relações funcionais de: pertinência, vizinhança, dependência, associação, agregação e generalização. O resultado é um sistema de interface facilitada, pôr respeitar a linguagem e conceitos temáticos, com as respectivas geometrias.

Este trabalho fornece a análise e modelagem de um sistema de geo-informações para pesquisa em sustentabilidade agrícola a nível sub-regional. A perspectiva é de explorar, em ambiente de SIG, a interação do pesquisador com modelos de simulação para gerar informação quantitativa e visual (mapas) sobre indicadores potenciais de sustentabilidade de práticas agrícolas. A definição do problema aborda questões de sustentabilidade em função de requisições da tecnologia de sistemas de geo-informação.

A utilização da orientação à objeto para a análise e modelagem proporcionou diagramas representando as interações críticas do modelo proposto. A transformação dos resultados do modelo conceitual num modelo lógico relacional proporcionou uma estrutura de dados simples e útil. A metodologia utilizada neste trabalho apresenta-se como potencial para o desenvolvimento de sistemas que optam pela integração de modelos no estudo de indicadores de sustentabilidade agrícola e ambiental.

2. OBJETIVOS

Este trabalho aborda uma fase inicial de pesquisa em termos da identificação de parâmetros temáticos relacionados a sustentabilidade agrícola. Busca a determinação da metodologia apropriada na análise e modelagem de sistemas de geo-informação explorando a visão orientada a objetos. Mais especificamente:

1. Formulação conceitual da integração de modelos de domínio (erosão, previsão de safra, aptidão do solo) na geração de cenários para indicadores de agricultura sustentável;
2. Elaborar uma análise orientada a objetos que identifique as relações espaciais e funcionais dos geo-objetos presentes no contexto interdisciplinar em distintos níveis de agregação;
3. Desenvolver um modelo de sistema de geo-informação que ofereça ao usuário um ambiente de interface fácil para a simulação de cenários de sustentabilidade agrícola;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo do sistema de geo-informação proposto foi implementado através da interpretações temáticas e da coleção de dados relativas ao projeto de treinamento em levantamento integrado de campo intitulado "Sustainable Land Use in Álora", na Província de Santa Lúcia, Espanha; e promovido pelos departamentos de Irrigação, Agricultura Sustentável, Solos e Geologia da Universidade Agrícola de Wageningen (WAU), Holanda. A modelagem do sistema de geo-informações é baseada na idéia de que os mapas resultantes dos cenários simulados, USLE - Universal Soil Loss Equation (Wischmeier and Smith, (1978) e QLE - Quantitative Land Evaluation segundo Land-Use System Analysis (Driessen and Konijn, 1992), para indicadores de sustentabilidade pudessem oferecer uma clara visão para estudos interdisciplinares relevantes a processos de tomada de decisão.

O desenvolvimento sustentável é definido como a integração de três objetivos principais: conservação ambiental, crescimento econômico e igualdade sócio-econômica. Existem diferentes posturas sobre sustentabilidade agrícola, o que significa, ou mesmo nas técnicas necessárias na sua caracterização e avaliação. Uma definição formal que bem sintetiza os paradigmas deste trabalho descrevem que: "sustentabilidade deve ser entendida como um sistema compreensivo de troca de informação que procura obter um melhor balanço na aplicação dos recursos naturais, incorporando prosperidade econômica, preservação do meio ambiente e estabilidade social" (IDRC, 1996; IISD, 1995).

O fluxo de informações necessário entre diferentes níveis de decisões e ações, sugere a representação das interações por camadas distintas de agregação de dados. Esta modelagem da geo-informação deverá obedecer ao método proposto por Molenaar (1990). Além disto, relações significativas entre os distintos níveis deverão ser identificadas criando meios pelos quais informações ao nível de detalhe possam ser associadas na forma de atributos singulares e representativas em níveis mais generalizadas.

Teorias da geo-informação e suas relações com objetos do mundo real estão sendo formalizadas por diversos autores (Molenaar, 1995; Worboys et al., 1990; Raper and Livingstone, 1995). Eles exploram a modelagem de geo-objetos (modelagem conceitual e lógica da geo-informação) como um nível intermediário para a interpretação das abstrações das disciplinas aplicadas (modelagem espacial e conceitual dos fenômenos) em termos de abstrações da ciência da computação (modelagem lógica e física dos componentes de software). As fases de modelagem para a tradução de abstrações temáticas espaciais em bases de geo-informação são definidas por Molenaar como representado na Figura 1.

Problemas complexos incluem a associação, a generalização e a criação de índices compostos na caracterização de sustentabilidade. A generalização deve ser entendida como a contemplação de certos critérios contextuais (generalização de classes; e a relação topológica (agregação de objetos). Smaalem (1996) indica problemas derivados relativos a restrições na representação cartográfica devido a extensão dos fenômenos mapeados.

Este trabalho adotou técnicas de engenharia de "software" que utilizam conceitos como: do modelo arquitetônico baseado em objetos; de expressão semântica do negócio do sistema; do encapsulamento e herança de atributos e processos de um objeto; e do re-uso na adequação da modelagem visando objetivos similares (Booch, 1994). Isto proporcionou a modelagem de objetos e suas respectivas relações por meio de diagramas de interações críticas do modelo proposto por meio do CASE (Computer Aid Software Engineering) Rational Rose version 3.0 C++. (Rational Software Corporation ®, 1996)

Modelos orientados a objetos (OO) suportam a descrição da estrutura e do comportamento dos dados. Propriedades estruturais se relacionam a natureza estática da organização dos dados. O comportamento é a característica dinâmica do geo-objeto, sendo relacionado as possíveis mudanças na natureza das informações (Worboys et al., 1990).



Figura 1 - Níveis de modelagem de dados e disciplinas relacionadas (Modificado de Molenaar, 1999)

Na análise geográfica a tecnologia de GIS está se destacando como elemento básico no suporte a simulação de modelos (Stoorvogel, 1995). Desta forma diversos autores descrevem diferentes métodos de acoplamento entre GIS e modelos temáticos (Raper and Livingstone, 1995; Stoorvogel, 1995). O método mais emergente de padrões de interoperabilidade em ambiente de sistemas abertos pode oferecer pacotes de modelos distribuídos a serem utilizados por pesquisadores nas adequações de sistemas segundo os objetivos da pesquisa (Deursen, 1995; Burrough, 1996). Interoperabilidade é entendida como a integração de serviços genéricos distribuídos (unidades funcionais de software, hardware ou ambos) por meio de mediadores (middleware) que mantêm a integridade da informação requerendo do usuário pouco ou nenhum conhecimento específico das características intrínsecas ao serviço (Egenhofer, 1996).

A questão final da metodologia é a integração dos resultados dos modelos de simulação de distintas disciplinas de forma a manter a integridade semântica dos diferentes contextos. A base teórica seguida para este fim (Hierarchy Theory) é compilada em O'Neill (1988).

4. CONCLUSÕES

Como resultado relativo ao primeiro objetivo tem-se a formulação de um modelo conceitual para a integração dos modelos de erosão de solos e sistemas de produção agrícola. Para o segundo objetivo obteve-se, dentro da metodologia de análise orientada a objetos, o diagrama da estrutura semântica (Figura 2) representando diferentes níveis de abstrações temáticas de geo-objetos presentes no contexto interdisciplinar. O último objetivo resultou no desenvolvimento de um sistema protótipo, com as limitações relativas ao ambiente AML, apresentando uma interface facilitada de análises geométricas e observação de cenários simulados.

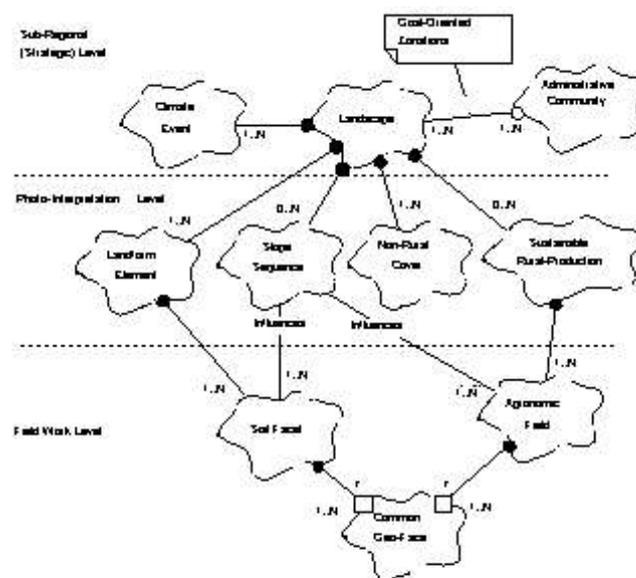


Figura 2 - Diagrama do modelo semântico para o contexto original do caso de estudo em Álorra, Espanha.

A conclusão em termos de tecnologia da informação (IT) aplicada a esta pesquisa é da harmonização de conceitos entre as teorias da geo-informação (Molenaar, 1995) e da orientação a objetos (Booch, 1994). Observa-se a complementaridade de funções e notações que permitiu, dentro da metodologia formal de desenvolvimento de software, a perspectiva topologia entre elementos terrenos em diferentes níveis de generalização.

Outras considerações apresentam-se relevantes:

- **Generalização:** Simples procedimentos de especialização e generalização exercitados nesta pesquisa incluem respectivamente: a decomposição de unidades de solos e unidades de manejo em geo-objetos para efeitos de cálculos das equações (Figura 2); e a generalização segundo a ponderação do usuário nos limites mínimo de produção e máximo de erosão aceitos como sustentáveis.

- **Interoperabilidade:** O modelo USLE foi desenvolvido em AML dentro do ambiente ARC/INFO. O modelo QLE, já existente em programa FORTRAN 77 para UNIX, foi interfaceado por chamadas externas em AML; sendo o gerenciamento de formatação e exportação executado por chamadas de tabelas INFO.
- **Interface com o usuário:** Foi ponto forte do protótipo a simplicidade na observação de mapas gerados durante simulações via a interface desenvolvida em ambiente ARC/INFO.
- **Modelo de simulação USLE:** O modelo ficou restrito a quatro parâmetros para calibração devido a problemas de integridade dos dados disponíveis. Foi necessário um trabalho massivo de depuração e consistência nos dados das fichas de campo.
- **Modelo de simulação QLE:** O modelo original contempla simulações anuais; parâmetros para cultivos de perenes foram introduzidos sob a supervisão de um especialista.
- **Modelo de simulação de cenários de sustentabilidade agrícola:** Um exemplo dos mapas tipo referentes a mesma simulação são apresentados na Prancha 1. Os resultados máximos e mínimos de cada simulação (Tabela 1 - USLE e QLE) são apresentados ao usuário, permitindo-o inferir limites condizentes para a seleção de áreas sustentáveis.

	Erosão-USLE(tons ha⁻¹ year⁻¹)	Produção- QLE (kg ha⁻¹ year⁻¹)
Máximo	647.5	3,661.1
Mínimo	0	0
Média	47.9	442.5
Desvio Padrão	69.3	1023,5

Tabela 1: Resultados estatísticos tipo das simulações de cenários.

- **Análise e Modelagem Orientadas a Objetos:** Especialmente em aplicações GIS padrões de classes de objetos compartilhados estão revolucionando o desenvolvimento de aplicativos de geo-informação, adequados a objetivos e características locais. OO tem uma forte e controlada arquitetura voltada para a complexidade no desenvolvimento de sistemas; onde as várias visões integram a semântica do contexto com as abstrações de módulos funcionais e classes de interface do sistema.

5. LIMITAÇÕES E INDICAÇÕES FUTURAS DA PESQUISA

Simulações mais significativas para o estudo de sustentabilidade deveriam considerar um período mínimo de cinco (5) anos através de fatores cumulativos para ambos os modelos. Entretanto este fato significa uma necessidade de precisão de modelos e disponibilidade de dados que ainda não existe. Os modelos contemplados neste estudo são limitados a períodos de um (1) ano, por tanto este é um campo a ser explorado em futuras pesquisas. Outra possibilidade de estudo explorada de maneira superficial neste trabalho é a questão da generalização da geo-informação considerando regras de classificação "fuzzy" (nebulosa) como função de valores de associação por classe.

6. REFERÊNCIAS

- Booch, G; (1994) "Object Oriented Analysis and Design Methodology with Applications".
- Burrough, P.A.; (1996) "Models and Geographical Information Systems."; PE-Seminars - Models in Action; Wageningen Agricultural University (WAU); Wageningen.
- Deursen, W.P.A. van; (1995) "Geographical Information Systems and Dynamic Models:";
- Driessen, P.M. and Konijn, N.T.; (1992) "Land-Use Systems Analysis."; WAU, Depart. of Soil Science and Geology; INRES - Interdisciplinary Research Cooperation, Wageningen.
- Egenhofer, M.J.; (1996) "GIS and Interoperability of Objects."; Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information; IOS Press; Amsterdam.
- Molenaar, M.; (1990) "A Formal Data Structure for Three-Dimensional Vector Maps."; Proceeding of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling; Dep. of Geography University of Zurich, Zurich; pp. 830 - 843.

- Molenaar, M.; (1995) "An Introduction into the Theory of Topologic and Hierarchical Object Modeling in Geo-Information Systems."; Center for Geo-Information Processing; Wageningen Agricultural University.
- O'Neill, R.V.; (1988) "Hierarchy Theory and Global Change."; in Rosswall et al.; "Scales and Global Change."; John Wiley & Sons.; New York.
- Raper, J. and Livingstone, D.; (1995) "Development of a Geomorphological Spatial Model Using Object-oriented Design.", International Journal of GIS; Vol. 9; No. 4.
- Stoorvogel, J.J.; (1995) "Geographical Information Systems as a tool to Explore Land Characteristics and Land Use with reference to Costa Rica"; Drukkerij, Bennekom.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D.; (1978) "Predicting Rainfall-Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning."; in Agricultural Handbook Num. 537; USDA; Washington D.C.
- Worboys, M.F., Hearnshaw, H.M., Maguire, D.J., (1990) "Object-oriented data modeling for spatial databases.", Int. Journal of GIS, vol. 4, no. 4, pg. 369 - 383.
- IDRC (1996) - International Development Research Center; "Research Programs."; IDRC Homepage (<http://www.idrc.ca/>); Ottawa.
- IISD (1995) - International Institute for Sustainable Development; "A Guide to Sustainability."; IISDnet Homepage; Winnipeg; 1995

7. BIOGRAFIA

36 Anos, Atualmente como Analista de Sistemas III na EMBRAPA - Solos na área de geo-processamento de recursos naturais; MSc em Geo-Information Systems for Rural Applications no ITC e WAU na Holanda; BSc em Engenharia Eletrônica na Gama Filho, RJ; AA em Computer Science no Montgomery College, Rockville, MD, USA. Experiência em Mapeamento de Geologia do Petróleo e CAD na Arquitetura.