

Definição de uma gramática dos conceitos relacionados a Movimento e Mudança em objetos espaço-temporais

Leila Weitzel¹, Cirano Iochpe²

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA)
Folha 31, Quadra 7 Lote especial - Cx Postal 101 - 68.507-590 - Marabá - PA - Brasil

²Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 - 91.501-970 - Porto Alegre - RS - Brazil

lmartins@ufpa.br, ciochpe@inf.ufrgs.br

***Abstract.** The space-time representation has been one of the greatest demands on research and development in geographic information systems. The goal of this paper is to provide a grammar of movement and change in space-time domain. The grammar allowed an unambiguous definition and offers a better semantic analysis. In fact, the effort to establish the terminology demonstrated the lack of standardization of concepts in this area.*

***Resumo.** A representação espaço-temporal tem sido uma das maiores demandas no desenvolvimento e pesquisa nos últimos anos em sistemas de informação geográfica. O objetivo deste artigo é descrever uma gramática que mapeie os conceitos de movimento e mudança no domínio espaço-temporal. A gramática aqui descrita permitiu uma definição não ambígua facilitando a análise semântica, e pode servir de base para descrever outros modelos. O esforço no sentido de estabelecer uma terminologia demonstrou na realidade a falta de padronização no emprego de conceitos relacionados neste domínio.*

1. Introdução

Em Weitzel (2009) foi realizado um levantamento das diferentes formas de representação dos aspectos de mudanças e movimento (aspectos dinâmicos) no contexto de objetos e fenômenos espaço-temporais. Serviram de base os modelos, metamodelos e ontologias geográficas encontrado em: Frank et al (2001) e Cheylan et al (2001). Com este estudo foi possível verificar que existem diferentes níveis de abstração e soluções de modelagem para um mesmo conjunto de conceitos. Acredita-se que uma análise mais profunda destes conceitos e de suas relações poderá revelar similaridades, complementaridades, conflitos e outras dependências entre eles. Dando prosseguimento a esta pesquisa o presente artigo procura definir, de forma não ambígua os conceitos pesquisados em Weitzel (2009). Busca-se assim estabelecer uma compatibilização terminológica através de um conjunto de regras sintáticas e semânticas, aqui definido, como uma gramática normativa.

2. Definição do Objeto Espaço-Temporal – (OET)

O Geoframe-Temporal (Rocha, 2001) fornece uma hierarquia de classes de objetos geográficos que podem ser modelados a partir do mundo real. O OET é uma especialização da classe Fenômeno Geográfico na visão de objeto proposto por (Lisboa Filho & Iochpe, 1999).

Os OET apresentam características (a) Espaciais: são: (i) Localização ou posição que é dada por uma referência em coordenadas geográficas na superfície do globo terrestre; (ii) Geometria refere-se ao formato do objeto (polígono, linha, ponto ou combinações destas geometrias) e (iii) Relações Espaciais entre pares de objetos. (b) A Espaço-Temporal é a característica espacial que pode varia ao longo do tempo. (c) A Descritiva é aquela que apenas qualifica um objeto e independe da localização do objeto no espaço. (d) A Temporal é a característica Descritiva que varia ao longo do tempo. Salienta-se que a alteração no valor das características Espaciais se dá por meio das operações descritas em Hornsby & Egenhofer (1997).

Os OET possuem também um Identificador (Oid) que individualiza cada instância deste objeto, permanecendo invariável durante toda a sua Vida (sua existência). Assim um OET pode ser representado por: $(Oid, (C_j)t)$, onde: Oid é o identificador único do objeto, (C_j) é um conjunto de características $j = 1...n$, sendo n é o total de características presentes no tempo t .

O parâmetro C_j é expandido em $(N(C_j), Cc(C_j), Dom(C_j))$, onde: $N(C_j)$ é a função unária que fornece o nome da j -ésima Característica; $Cc(C_j)$ é a função unária que fornece o nome da Categoria da j -ésima Característica e $Dom(C_j)$ é o domínio da j -ésima Característica que identifica o conjunto de valores válidos para uma característica. Por exemplo, $(1, (Localização, Espacial, Coordenada UTM))$

3. Descrição dos conceitos

Esta seção apresenta um conjunto de definições gramaticais que serão utilizadas para descrever os conceitos levantados em (Weitzel, 2009). Cabe salientar que a descrição suporta a abordagem orientada a objetos de acordo com o proposto em (Worboys, 1994). Considera-se assim, que uma visão do mundo baseada em objetos é adequada para representar fenômenos geográficos tanto na visão de campo quanto na visão de objeto.

3.1. Estado (ST) de um OET

O ST em um tempo qualquer t é dado pelo seu Identificador e por um conjunto específico valores associados às suas características $ST(OET)_t = (Oid, (C_j, Val_{jt}))$, onde OET apresenta um conjunto de valores válidos para as j -ésimas Características no tempo t . Então: $ST(OET)_{t1} = (1, (Localização, Espacial, Coordenada UTM, 26°64'50.80"N; 83°16'43.87"W))$.

3.2. Evento

Evento é uma ocorrência¹. Seja o Evento de Queimada então, $ST(OET)_{t1} = (1, (Cobertura Vegetal, Nativa))$ e em t_2 $ST(OET)_{t2} = (1, (Cobertura Vegetal, Desflorestada))$.

3.3. Transição de Estado (TE) de um OET

Mostra os diferentes Estados que um objeto passou ao longo do tempo. $TE = ((Event_j)_t, (ST)_t, (op), (ST)_{(t+1)})$, onde: $(Event_j)_t$ é um conjunto de Eventos que determinam a Transição de Estado; $(ST)_t$ é o Estado inicial do OET, anterior à mudança; (op) é a operação e $(ST)_{(t+1)}$ é o Estado alcançado após $Event_j$ no tempo $t+1$. Exemplo, Mudança na Capital do País $TE = (Transferência da Capital, (Localização, Espacial, Coordenada UTM, 26°64'50.80"N;$

¹Ou um fator ou fenômeno da natureza ou artificial produzido por ações antrópicas em uma visão de Campo.

$83^{\circ}16'43.87''W)_t$, move, (Localização, Espacial, Coordenada UTM, $20^{\circ}34'5.8''N$; $23^{\circ}6'3.87''W)_t$).

3.4. Vida OET

Ao longo de sua existência um OET pode sofrer sucessivas mudanças, passando por n Estados diferentes. O símbolo “ \leq ” vai denotar qualquer relação de ordem parcial. Assim, um conjunto A, junto com seu Ordenamento R é chamado de Conjunto Parcialmente Ordenado denotado por (A,R). Representa-se o conceito de Vida como um ordenamento parcial de Estados: Vida (OET) = (ST , \leq), onde ST é o conjunto de Estados e \leq é o ordenamento parcial destes estados.

4. Definição das Operações Válidas sobre Objetos

Operações modificam características dos OET. A seguir são descritas os tipos de operações em função da mudança que ela provoca nestes objetos de acordo com Hornsby & Egenhofer (1997). **Grow e Shrink**: são validas para objetos OET. Considera-se que estas operações alteram o valor da característica Espacial *geometria* destes objetos, dando a impressão de *movimento de fronteira* destes objetos. **Merge e Split**: são operações válidas para objetos OET. Considera-se que estas operações alteram a característica Espacial *geometria* (a forma) destes objetos

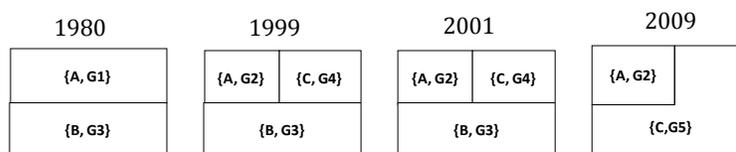


Figura 1: Exemplo de operação de split e merge em um objeto

Sejam os intervalos de tempo seqüenciais ($T_s =$ Time Stamping) $T_s = \{1980, 1999, 2001 \text{ e } 2009\}$. Estados que cada objeto apresenta ao longo do tempo, supondo que t_0 é o tempo inicial e t_n o tempo final que delimita dois estados. Decidiu-se apenas ilustrar as características G_i (geometria) e o tipo de cobertura do solo. Ressalta-se que as operações de **merge** e **split** seguem o padrão proposto por Hornsby & Egenhofer (1997) e por isso omitidas aqui. Em seu trabalho, Hornsby & Egenhofer (1997) descrevem estas operações usando, o que os autores chamam de CHANGE DESCRIPTION LANGUAGE – CDL, um framework baseado em uma representação icônica para expressar a semântica da mudança.

Tabela 1: Tabela dos Estados dos Objetos A, B e C

O _{id}	Geometria	Cob. solo	t ₀	t _n
A	G1	Urban	1980	1999
A	G2	Urban	1999	2001
A	G2	Corn crop	2001	2009
A	G2	Corn crop	2009	-
B	G3	Urban	1980	1999
B	G3	Urban	1999	2001
B	G3	Urban	2001	kill
C	G4	Corn crop	1999	2001
C	G5	Corn crop	2001	2009

Neste caso o objeto A sofreu uma operação de split em $T_s = 1980$ dando origem ao objeto B, já em $T_s = 2009$ o objeto B e C sofreram uma operação de merge dando origem um novo objeto C, e como conseqüência o objeto B sofreu uma operação de Kill. Em Hornsby & Egenhofer (1997) tem um estudo detalhado destas operações. **Kill, Create e Reincarnate**: são operações válidas objetos OET. Na Figura1, em $T_s = 1999$, o objeto A sofreu split originando dois objetos, o objeto A com geometria G2 e o objeto C com geometria G4. O

objeto C nessa figura foi criado por meio de uma operação create. No $T_s = 2009$ os objetos C e B sofreram uma operação de merge, e assim o objeto B ainda nessa figura desapareceu por meio da operação de kill. **Move**: Esta operação resulta em mudanças que podem ser percebidas pela trajetória que o objeto percorre, relacionado ao conceito de movimento. Representam as mudanças na posição (localização espacial) de um objeto.

5. Descrição dos Modelos Estudados

5.1. Modelo de Frank (2001)

Em Frank (2001) objetos sócio-econômicos OSE são unidades utilizadas para descrever fenômenos econômicos (zona urbana, rural, plantação etc.) ou sociais (demografia, etnia etc). Estes objetos são espaços subdivididos pelo homem para fins sociais ou econômicos. O OSE tem o mesmo comportamento de um fenômeno geográfico com visão de campo. Conceito *Mudança* neste modelo ocorre quando se altera o valor de uma característica Descritiva, ou seja, $\{\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Descritiva}\}$. Então o conceito *Mudança* pode ser descrito como uma Transição de Estado, $TE = ((\text{Event})_t, (\text{OET})_t, (\text{op}), (\text{OET})_{(t+1)})$.

O conceito de *Movimento* é dado quando o valor de uma ou mais Característica Espacial (posição ou geometria) varia. Então: $\text{MOV}_{\text{Frank}}$ ocorre quando $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial}$. Por analogia, o conceito de *Movimento* é dado por: $TE = ((\text{Event})_t, (\text{OET})_t, (\text{op})_t, (\text{OET})_{(t+1)})$ onde $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial}$. Frank (2001) admite o *Movimento de Fronteira* $\text{MOV}_{\text{boundary}}$ que ocorre quando existe a alteração do valor da característica Espacial *geometria* de um objeto. Por exemplo, o desmatamento de uma parcela de floresta, pode-se então pensar em um *Movimento de Fronteira*. O conceito *Movimento de Fronteira* é um tipo de *Mudança* onde apenas a característica Espacial *geometria* se altera, por meio de operações *shrink* ou *grow*. Outros tipos de *Movimento de Fronteira* podem ser provenientes de operações *kill/reincarnate*. Exemplificando, os rios da Região Amazônica, em determinada estação do ano têm elevação temporária do seu nível pelo aumento da vazão proveniente as chuvas intensas. No inverno, o processo se dá de forma inversa, os rios se esvaziam e desaparecem pela escassez de chuva. Assim, na visão de campo, um objeto apresenta *Movimento de Fronteira* $\text{MOV}_{\text{boundary}}$ quando: $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial} \wedge \text{N}(C_j) = \text{geometria}$. Por analogia, o conceito de *Movimento de Fronteira* é dado por: $TE = ((\text{Event})_t, (\text{OET})_t, (\text{op}), (\text{OET})_{(t+1)})$ onde $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial} \wedge \text{N}(C_j) = \text{geometria}$. Esse tipo de movimento cria um ou mais eventos que irão forçar movimentos de fronteiras em objetos da vizinhança. Na visão de objeto, um objeto apresenta movimento de fronteira $\text{MOV}_{\text{boundary}}$ quando: $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial} \wedge \text{N}(C_j) = \text{geometria}$. Por analogia, o conceito de *Movimento de Fronteira* é dado por: $TE = ((\text{Event})_t, (\text{OET})_t, (\text{op})_t, (\text{OET})_{(t+1)})$ onde $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial} \wedge \text{N}(C_j) = \text{geometria}$.

5.2 Modelo de Cheylan (2001)

O conceito de *Evento* pode ser mapeado para a gramática por uma tupla que contém o identificador deste objeto, um conjunto de características e de operadores que alteram o *Estado* de objetos da realidade. Para o autor o *Estado* de um objeto é uma ocorrência temporal que se intervala a dois *Eventos*. Para Cheylan (2001) assim como para Frank (2001) *Movimento* é percebido quando uma ou mais características espaciais se alteram ao longo do tempo. A noção de *Movimento* é dada pela alteração da sua posição ou da sua geometria. Assim uma mudança no sentido de movimento ocorre quando: $\exists c_j \in (C_j) \mid \text{Val}(C_j)_t < > \text{Val}(C_j)_{(t+1)} \wedge \text{Cc}(C_j) = \text{Espacial}$. Por analogia, o conceito de Movimento de Cheylan (2001) -

$MOV_{Cheylan}$ é dado por: $TE=((Event_j)_t, (OTE)_t, (op)_t, (OTE)_{(t+1)})$ onde $\exists c_j \in (C_j) \mid Val(C_j)_t < > Val(C_j)_{(t+1)} \wedge Cc(C_j)=Espacial$. Ainda para o autor um objeto pode sofrer mudanças ao longo de sua *Vida* (Life) alterando o valor de uma ou mais características. Assim por analogia, o conceito *Vida* pode ser representado por um ordenamento parcial de *Estados*: $Life (OTE_i) = (ST, \leq)$; Onde: ST é o conjunto de *Estados* do objeto i ; \leq é o ordenamento parcial destes *Estados*.

Tabela 3: quadro Resumo dos modelos e gramática

Modelo/autor	Nome do conceito	Relação de equivalência na gramática	Gramática do termo	Restrições	Semântica associada ao termo
Frank (2001)	Mudança	Transição de Estado (TE)	$((Event_j)_t, (OTE)_t, (op)_{kt}, (OTE)_{(t+1)})$	$\exists c_j \in (C_j) \mid Val(C_j)_t < > Val(C_j)_{(t+1)} \wedge Cc(C_j) = Descritiva$	Mudanças ocorrem quando uma ou mais característica descritiva se altera ao longo do tempo
Frank (2001)	Movimento	Transição de Estado (TE)	$((Event_j)_t, (OTE)_t, (op)_{kt}, (OTE)_{(t+1)k})$	$\exists c_j \in (C_j) \mid Val(C_j)_t < > Val(C_j)_{t+1} \wedge Cc(C_j) = Espacial$	Movimento ocorre quando uma ou mais característica espacial se altera ao longo do tempo
Frank (2001)	Movimento de Fronteira	Transição de Estado (TE)	$((Event_j)_t, (OTE)_t, (op)_{kt}, (OTE)_{(t+1)k})$	$\exists c_j \in (C_j) \mid Val(C_j)_t < > Val(C_j)_{(t+1)} \wedge Cc(C_j) = Espacial \wedge N(C_j) = geometria$	É alteração do valor da característica Espacial <i>geometria</i>
Cheylan (2001)	Movimento	Transição de Estado (TE)	$((Event_j)_t, (OTE)_t, (op)_t, (OTE)_{(t+1)})$	$\exists c_j \in (C_j) \mid Val(C_j)_t < > Val(C_j)_{t+1} \wedge Cc(C_j) = Espacial$	Movimento ocorre quando uma ou mais característica espacial se altera ao longo do tempo
Cheylan (2001)	Vida	Life (OTE)	(ST, \leq)	-	Representa um ordenamento parcial de Estados

4 Discussão

O mundo real é um ambiente altamente complexo, não estático e de difícil reconhecimento e verificação. Devido a esta complexidade, o processo de captura da realidade para efeito de

modelagem envolve abstrações, generalizações e aproximações. A representação espaço-temporal tem sido uma das maiores demandas no desenvolvimento e pesquisa nos últimos anos em sistemas de informação geográfica, pois, o tempo é uma característica intrínseca e, presente em, ou associada aos fenômenos do mundo real. Fenômenos (eventos) acontecem em um dado momento alterando características dos objetos da realidade. Estas mudanças alteram o Estado de um objeto ao longo de sua Vida. A gramática aqui descrita permitiu uma definição não ambígua facilitando a análise semântica. Esta gramática pode servir de base para descrever outros modelos encontrados na literatura. O esforço no sentido de estabelecer uma terminologia demonstrou na realidade à falta de padronização no emprego de conceitos relacionados a movimento e mudança neste domínio.

References

- Cheyland, J.. Time, actuality, novelty and history. (2001). In: FRANK, A. U.; RAPER, J. ; Cheyland, J. (eds.) Life and motion of socio-economic units, London: Taylor & Francis.
- Frank, A. U.; Raper, J.; Cheyland, J. (2001). Life and Motion of Socio-Economic Units. ESF Series, London, Taylor & Francis, p. 353.
- Hornsby, K. and M. Egenhofer. (1997), "Qualitative Representation of Change," In Spatial Information Theory - A Theoretical Basis for GIS, International Conference COSIT '97, Laurel Highlands, PA, Vol. 1329, Lecture Notes in Computer Science, S. Hirtle and A. Frank, Eds. Berlin: Springer-Verlag, 1997, pp. 15-33.
- Lisboa F. J.; Costa, A.C.; Iochpe, C. (1999), "Projeto de Banco de Dados Geográficos: mapeando esquemas GeoFrame para o SIG Spring," in I BRAZILIAN WORKSHOP ON GEOINFORMATICS - GEO-INFO'99, Anais... São José Dos Campos:INPE, Unicamp, Campinas., pp. 2-5.
- Rocha, L. V. (2001). GeoFrame-T: um framework conceitual temporal para aplicações de Sistemas de Informação Geográfica. Porto Alegre: PGCC da UFRGS. Dissertação de Mestrado.
- Weitzel, L. (2009). Estudo e documentação de características espaço-temporais em modelos de dados e em ontologias, Trabalho Individual I, Programa de Pós-Graduação em Computação- PPGC, UFRGS.
- Worboys, M. F. (1994). Object-Oriented Approaches to Geo-Referenced Information. International Journal of Geographical Information Systems 8(4): 385-399.