

动态符号与动态地图

艾廷华

(武汉测绘科技大学土地科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要 地理信息可视化为地图动态特征的表现提供了工具。为适应新技术条件下地图符号的设计, 本文在 Bertin 符号参量体系基础上扩展了符号的 4 个动态参量: 发生时长、变化速率、变化次序、节奏, 讨论了这些动态参量在突出显示空间定位、描述属性特征、描述动态变化几个方面的应用。在充分分析地理信息变化特征后, 提出了动态地图的概念, 包括动态地图的定义、动态地图的综合问题以及动态地图在过程再现、实时跟踪、运动模拟领域的功能应用。

关键词 可视化; 动态符号; 动态地图

分类号 P 283.7; P 283.1

近年来兴起的电子地图, 在计算机技术支持下显示出其独特的优越性, 与传统技术相比, 对地理现象可视化表达在内容和形式上都有扩展。过去纸质地图只能展现地理现象的状态性信息, 而电子地图还可以跟踪描述过程性信息, 即动态特征^[1]。这一可视化技术工具、技术手段的改变势必影响到地图设计原则、方法与理论的更新^[5], 对地图语言的基本组成单位——地图符号重新研究是有必要的。传统的地图符号设计原则是基于 Bertin 视觉参量体系建立起来的, 依据符号的 7 个视觉参量——大小、色相、方位、形状、位置、纹理及密度来设计描述地理实体不同方面的性质特征^[2]。显然, 为了表达动态特征, 这一体系是有局限的, 或者说它只能描述实体运行过程中的一个快照或一个断面, 这就需要对地图符号的参量进行扩展, 引入动态特征描述。本文通过归纳对动态地图符号规定了 4 个参量描述: 发生时长、变化速率、变化次序、节奏, 分别讨论了这 4 个参量在可视化表达地理实体的动态特性和静态特征中的应用, 进一步在动态符号设计的基础上, 提出了动态地图的概念, 分析了动态地图的功能。

延展, 与现象在空间 X 、 Y 或 Z 轴上的投影覆盖范围是一致的。地图设计中, 发生时长可用于表现动态现象的延续过程, 发生时长的帧值越大, 现象生成的时间或出现的时间就越长。此外发生时长在非动态地理现象描述中也可运用 (所有的动态参量均可和色相、饱和度、形状、大小静态参量一样用于表达静态现象的数量和质量特征, 后面将系统讨论), 用发生时长值大的符号表示性质重要的实体现象, 反之发生时长值小的符号表示非重要实体。如图 1, 符号 1 的发生时长 $f_2 - f_1$ 大于符号 2 的发生时长 $f_1 - f_0$, 则符号 1 对读者的刺激感受强于符号 2, 从而表现出性质重要性差异。

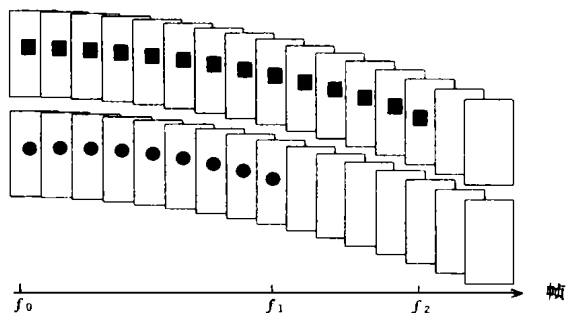


图 1 符号的发生时长

Fig. 1 The Symbol Duration

1 动态符号的视觉参量

1.1 发生时长

发生时长描述观察者从视觉上感知符号的存在到符号消亡的时间长短。通常发生时长通过划分很小的时段单位计算, 与多媒体技术中的帧的概念相对应。发生时长反映了事件在时间轴上的

1.2 变化速率

变化速率是一个复合参量, 需要借助于符号的其它参量来表述。描述符号的状态改变速度, 符号的状态可以是前面定义的动态参量发生时长,

也可以是静态参量(大小、方位、饱和度等),可以借助于一阶微分公式来表达,变化速率 $v = dg(s) / df$,其中 $g(s)$ 为符号 s 的状态, f 为帧。当 $g(s)$ 为发生时长时,变化速率描述符号“闪烁”的快慢,图 2 描述了符号不同参量的变化速率。变化速率的大小与运动过程的快慢相一致,变化速率可以是常量(加速度为零),也可以是变量(加速度为非零),加速度大小与运动过程的平稳成激

烈性相应。基于变化着的现象对人的视觉感觉有较强的吸引力的事实,符号的变化速率除了用于描述地理现象的运动过程外,还可用于静态现象的重要性描述和显式定位。闪烁速率大的符号描述发射功能强的电视塔,亮度变化率大的符号描述人口流动快的区域,天气预报中用动态符号描述城市的显式定位。

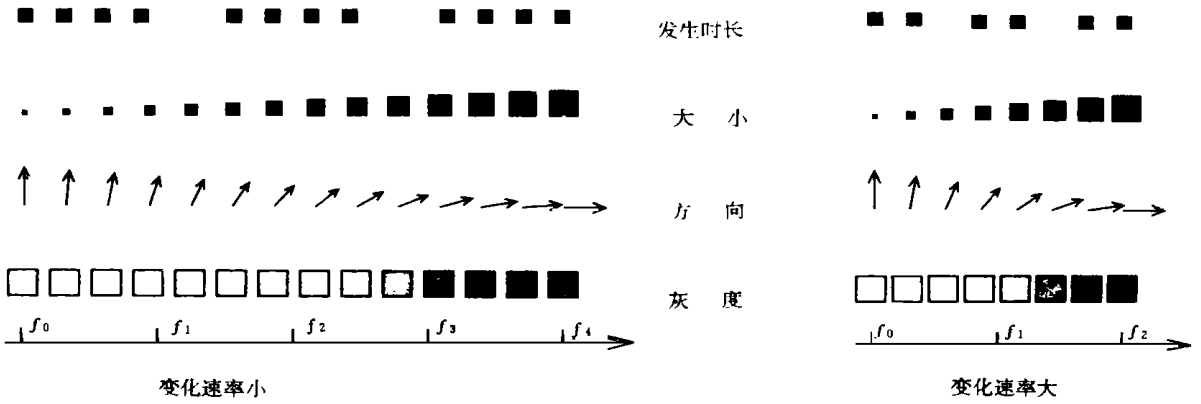


图 2 基于符号不同参量的变化速率

Fig. 2 The Impact of Symbol Change Rate Based on Different Visual Variables

1.3 变化次序

时间是有序的,可以类似于二维空间中的前后、邻接关系建立时间段之间的先后、相邻拓扑关系。符号的变化次序描述符号状态改变过程中各帧状态出现的顺序,依据时间分辨率,可以将连续变化状态离散化处理成各帧状态值,使其交替出现。符号的变化次序可以用于任意有序量的可视化表达,升序变化对应着特征的显著性增强,降序变化对应着特征的显著性减弱,符号色相依据灰—淡红—红—蓝的次序反映天气由阴变晴,反之反映天气由晴变阴。此外,气温在四季中冷、暖、热的交替也可用符号的某个参量的变化次序来体现。

1.4 节奏

符号的节奏描述符号周期性变化的特征,它是由发生时长、变化速率以及其它参量融合到一起而生成的复合参量,同时又表现独立的视觉意义用于地理信息的时态特征及变化规律的描述。节奏与静态符号的纹理相对应,构成纹理的原子符号之间的间隔对应着发生时长,原子符号的排列顺序对应着变化次序。描述节奏的参量可以进一步细分为频率(周期)和振幅。符号的节奏变化可以用周期性函数表示,并用周期性曲线显示,如图 3 和图 4 所示。节奏的振幅对应着地理现象变化的峰值,频率则对应着变化速度。符号的节奏

参量可用于描述周期性变化现象重复性特征,也可描述质量性质,节奏越快对应的地理实体越重要、等级越高等。

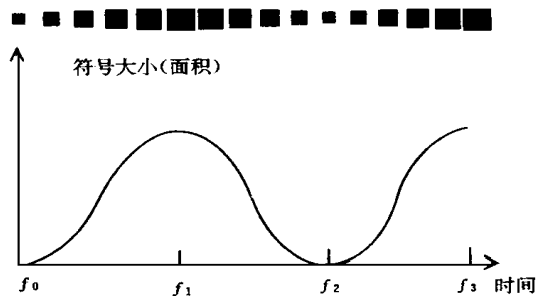


图 3 动态符号的大小变化节奏曲线

Fig. 3 The Symbol Rhythm Curve Applied to Size Changing

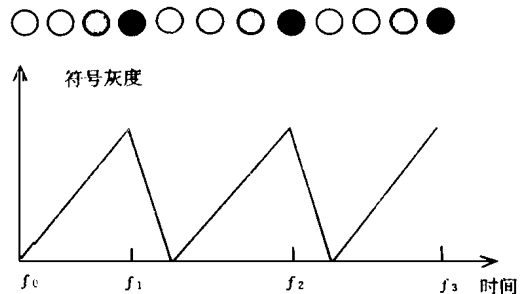


图 4 动态符号的灰度变化节奏曲线

Fig. 4 The Symbol Rhythm Curve Applied to Grey Grade Changing

2 动态参量在地图设计中的应用

正如前面所提到的,地图符号的动态参量可以表示时态变化,也可以像符号的大小、色相、饱和度静态参量一样可视化表达实体的重要性程度、质量差异、数量分级等非动态特征^[2]。归纳起来,动态符号在地图设计中可以表示 3 方面的信息内容:空间定位、属性特征、空间位置属性特征上的时态变化^[1]。前两者为与时态无关的静态特征,主要通过动画技术加强静态信息特征的视觉感受,后者才是动态符号在动态特征可视化上的真正应用。

2.1 突出显示空间定位

有关视神经感受试验表明,闪烁、跳跃、变化着的现象比静止现象对视觉感受有超常的吸引力,据于此,对重要地物或需引起用户特别关注的地物通过动态符号表示,使用户能在很短时间内感受其存在,获取其空间位置。通常用符号的色相、亮度、纹理的变化来突出描述空间定位。在静态背景下,突出感兴趣地物的存在,符号的变化速率不重要,一般不考虑值上的差异。在动态背景下,突出某地物的空间定位,则可以提高其变化速率,因为人的视觉感受对变化快的符号更敏感。在电视新闻中,对地震发生地区及震中的位置通过面状符号、点状符号的闪烁显示其空间定位,是这一应用的典型例子。

2.2 表达属性特征

这里指的是与时间无关的静态属性特征,动态符号对地物的质量差异、数量等级、空间数据的不确定性特征均可以可视化表达。通过符号节奏性变化产生波的移动用于表示交通要道上车流方向,这是质量差异;通过节奏变化频率用于表示车流量的等级,这是数量差异。对于数量特征的表现,由于动态符号不能提供运动量测尺度,不能像静态参量那样可以比较精确地量算符号面积大小、纹理疏密尺寸,变化的差异感是粗略的,因此只能在等级、有序特征表达时应用。另外,动态符号在空间数据不确定性、定位精度、属性精度的可视化方面有其独到之处^[3,4]。不确定性特征是关于数据本身的质量信息,反映出数据的可信赖程序,在空间决策中具有重要的指导意义。随着空间分析的发展,用户对数据的质量信息的存贮、可视化提出了要求。顾及精度影响的数字化线、土壤类型区边界可表示为 X 误差的缓冲带,在带状区内通过粒子状小点的闪烁变化传递一种定位不确定性

信息。如果进一步考虑数字化误差呈正态分布,对于粒子的产生区域通过 Monte Carlo 方法产生伪随机数控制粒子的变化规律,获取中轴线附近可能性大、边界处可能性小的正态分布视觉特征。对于不确定性区域的边界划分,有关研究提出了模糊隶属度的方法,隶属度的大小与动态符号的亮度、发生密度、大小建立一定关系,从而在符号的变化中体现出模糊性的程度。对于面状土壤类型区域的属性不确定性的可视化,由区域内栅格色相的变化表示该不确定性。进一步地根据离散分布的概率特征,在激活栅格着色时,对随机性进行控制,不仅反映出区域内包含的土壤类型成份,还可以由不同色相栅格的多少反映其所占百分比^[4]。

2.3 表现动态变化

用动态符号来表现地理现象动态变化过程是最直接的手段。依据时态综合原则在符号的动态参量与实际变化的特征之间建立映射关系,地理实体的时态特征和变化规律就可由符号动态参量体现出来。实体在地理空间中生存的时间由符号的发生时长表达,位置移动、属性变化的快慢由符号的变化速率表达。在实体与符号的时态映射关系上,与空间表现一样同样存在着制图综合问题,包括时态比例尺确定、时间分辨率选取、跨越比例尺时态变化的简化或夸大等。动态符号表现动态变化可以用于历史过程的再现、同步过程的实时跟踪监控及其它用途,动态符号作为地图语言的新型工具为地图的应用开拓了新的领域。动态符号在地图设计前述两方面的应用,只是加强了传统的地图表现手段,只有第三方面的应用才是地图功能的真正突破。

3 动态地图

动态符号的应用以及地图在现象变化过程上的功能表达,产生了新的地图图种——动态地图。尽管过去可以将地理空间变化用幻灯形式表现出来,产生了动态地图的雏形,但要成为真正的可视化表达工具,只有在计算机技术支持下,以电子媒体形式表现时,动态地图才走向成熟。

3.1 动态地图的定义

在回答什么是动态地图之前,对地理信息的动态特征及表现形式需要作一个剖析。地理实体的运动变化离不开空间与时间,在描述运动变化的形式时,要选择一个合适的参照系。地图通过对地理空间建模,为用户提供可视化信息。在这一过

程中,应顾及 3 个世界: 实体世界、概念世界和用户。实体世界是空间信息的发生源,它的变化是在时间轴上产生的,随着时间的延展,实体位置移动、形状扩展、属性变化。在这个世界中,不需要时间的变化是不存在的,但对空间的依存而言,一部分变化需要空间(位置、形状的变化),一部分变化则不需要空间(专题属性的变化)概念世界即地图。GIS或空间数据库是实体世界的映射模型,实体世界的运动变化映射到概念世界中来,可以看作绝对变化由用户来感受。另一方面实体世界的静态现象在概念世界中的模型,通过视觉传输,在用户看来,并不一定是静止的。典型的例子便是在模拟飞行中,用户视点沿着航线获取地形地物的动感。在目前兴起的虚拟现实 VR 技术中得到广泛应用。由于用户视点的改变而获取的运动变化与时间无关,只是空间状态的改变,我们称相对变化。从以上分析,动态地图涉及到时间、空间两方面的变化,仅仅把动态地图看作是地理实体时态特征的表现是不准确的。在描述运动变化时,应从 3 个世界中选取合适的观察角度,从概念世界出发只能描述绝对变化而遗漏相对变化。此外电子地图的开窗放大和漫游显示也属于一种用户视点的改变,这种变化已经退化为两帧状态,不应当归入动态地图范畴,也就是说,并不是可提供视点变化的地图就是动态地图,视点改变而且能为用户展现动态视觉感受的地图才能归入动态地图。这里,笔者对动态地图下一个比较确切的定义: 基于用户读图角度,可以从中获取关于地理实体空间位置、属性特征运动变化的视觉感受的地图。这个定义排除了动态符号在静态位置、静态属性突出显示表达上的情形,尽管该情形下具有动感,但表达的主体不是运动变化,不属于动态地图范畴。根据此定义,在一定时间分辨率下制作的幻灯片,通过一定持续长度连续地放映出来,则属于动态地图范畴。

3.2 动态地图的综合问题

常规的地图综合,是实体世界向概念世界转换和在概念世界之间转换时的空间综合问题,为此要依托 2 个模型——数字景观模型和制图模型。顾及运动变化特征的动态地图,则还有一个时间综合问题,同样是在实体世界和概念世界进行变换时产生的过程。其间时间比例尺和时间分辨率变化是 2 个主要的度量尺度。时间比例尺描述实际变化的时间长度与符号显示的发生时长的比例关系,在几秒钟内再现上百万年的地质构造的演变过程需要很小的时间比例尺,实时跟踪汽车

行驶的动态电子地图其时间比例尺为 1: 1 时间比例尺有值大于 1 的情形,如在 10 s 内显示 2 s 完成的爆炸在区域上的波及范围,时间比例尺为 5: 1 时间分辨率是刻画时间变化详略程序的参量,是可以划分的最小时间长度单位。动态地图的综合主要包括: 时间分辨率的重新划分以表现运动变化的详细过程或粗略概况; 随着时间比例尺和时间分辨率的变化,对变化过程进行选取,对变化过程重新分级或分类; 依据一定模型简化变化过程的轨迹,舍弃变化的细节; 由空间比例尺的改变重新定义时态特征,如在实时跟踪汽车行驶的电子地图上,当地图的空间比例尺变大时,两点间的图面距离变大,图面符号运动速度也要变大,才能保证电子地图的显示与实地同步。空间显示有图幅载重量限制,在动态地图的变化中有机器运行时间资源占用的限制。

3.3 动态地图的功能

基于现代可视化工具的动态电子地图,其功能已远远超过了传统的静态地图。可视化的目的就是表现地理现象的内在本质和发生规律(包括运动特征),不再是一个简单的结果状态显示。动态地图将地图设计、地图“运行”部分地交给用户来完成,将交互式操作引入读图之中,增强了读图的主动性和适应性。动态地图的功能主要表现在以下 3 个方面。

1) 过程再现 已经完成了的变化过程通过地图模型可视化表达出来,如断裂作用下地貌的形成; 过去 10 年中人口的增长变化等。该功能中,用户的交互式操作可以引入,改变时间分辨率,控制变化过程快慢,暂停运行过程观察某一个时间快照,在空间上变换观察视点,获取多角度三维景观等。

2) 实时跟踪 实时显示地理实体或模型的运行状态,用户的操作只能在显示状态上修改参量,不能控制实体或模型的运行。对于复杂运动过程的可视化模拟需占用机器较多的时间资源,时间综合为不可缺少的环节。由电子地图通过 GPS 跟踪沿高速公路行驶的汽车轨迹是这一功能的应用例子。

3) 运动模拟 通过用户视点的行进变化实现对地理实体或符号化模型运行过程的模拟。在该应用中,动态参量可调节的自由度量,不仅可控制显示状态,对运行轨迹、变化速度、变化次序也由用户选择确定。在模拟飞行中,用户视点变化的三维路线的选定,速度、加速度调整都由用户完成,是这一应用的典型例子。

4 结束语

顾及符号的动态特性, Bertin 符号视觉参量体系得到了扩展, 动态符号不仅在显示空间定位、描述属性特征这些地图的传统功能上丰富了表现手段, 更主要地是导致新的图种——动态地图的产生。动态地图是电子地图在用户交互式操作上优势的体现, 突破了地图只能显示结果状态的单一功能, 将地理现象演变过程通过跟踪、模拟监控在地图中表现出来, 具有广阔的应用前景。时间特性成为符号的视觉参量, 为与时间紧密相关的音频特征纳入到符号的视觉参量体系打下了基础, 这样会使地图符号的表现功能更加强大大。动态地图时间变化特征的综合问题是制图综合的分支, 时间变化的取舍、化简、抽象化、夸大等, 是亟待研

究的问题

参 考 文 献

- 1 MacEachren. Time as a Cartographic Variable. In Hilary M H, David J U, eds. Visualization in GIS. WILEY, 1994
- 2 Bertin. Graphics and Graphic Information Processing. Berlin: Walter de Gruyter, 1981.
- 3 Fisher P F. Modelling Soil Map-unit Inclusions by Monte Carlo Simulation. International Journal of Geographic Information System, 1991, 5 (2)
- 4 Fisher P F. Visualizing Uncertainty in Soil Maps by Animation. Cartographica, 1993, 30 (2)
- 5 Goodchild M, Battenfield B, Wood J. Introduction to Visualization Data Validity. In Hilary M H, David J U, eds. Visualizaiton In GIS. WILEY, 1994.

Dynamic Symbol and Dynamic Map

Ai Tinghua

(School of Land Science, W TU SM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract Geographic information visualization provides powerful tools to represent visually the dynamic feature. In order to meet the needs of map symbol design based on modern technology, this paper extends Bertin's visual symbol system to time area. Four dynamic visual variables which are duration, change rate, change order and rhythm have been added to Bertin symbol system. Some of application of variables is discussed, including enhancing spatial location, describing static attribute and describing dynamic process. After assessing the geographic information characteristics in spatial-temporal change, the paper presents the concept of dynamic map. The definition and generalization of dynamic map are illustrated. As to the function of dynamic map, the paper puts forward three implementation areas: post-processing, real-time tracking and movement simulation.

Key words visualization; dynamic symbol; dynamic map