

行为与状态地理实体符号 的表达与应用

焦东来 / 著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

国家自然科学基金青年项目资助：

地理实体行为的符号化表达机制及方法研究（项目编号：41101358）

行为与状态地理实体符号 的表达与应用

焦东来 / 著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

行为与状态地理实体符号的表达与应用/焦东来著.
—南京:河海大学出版社,2014.12
ISBN 978-7-5630-3834-3

I. ①行… II. ①焦… III. ①地理信息系统—研究
IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 276929 号

书 名/行为与状态地理实体符号的表达与应用

书 号/ISBN 978-7-5630-3834-3

责任编辑/易彬彬

装帧设计/渔舟设计

出版发行/河海大学出版社

地 址/南京市西康路 1 号(邮编:210098)

网 址/<http://www.hhup.com>

电 话/(025)83737852(综合部) (025)83722833(营销部)

排 版/南京新翰博图文制作有限公司

印 刷/虎彩印艺股份有限公司

开 本/880 毫米×1230 毫米 1/32

印 张/5

字 数/126 千字

版 次/2014 年 12 月第 1 版

印 次/2014 年 12 月第 1 次印刷

定 价/32.00 元

地理实体的行为状态是反映地理实体对象随时间推移而产生的自身行为状态的变化,是实体对象的内在规律和能力的表现。地理实体符号是地学可视化的重要组成部分,是地理要素在地图上、或其他地学信息可视化载体上的表达形式,是用来沟通客观世界、传输地学信息的媒介,是直观形象地表达地理要素特征和分布规律的主要手段。在时态 GIS 中,通过地理实体符号表达地理实体的行为状态是地学可视化过程中实现行为状态表达的重要途径。

目前,地理实体行为状态的建模多集中在虚拟环境领域,多为特定场景下,地理个体或场景的行为状态表现。与有限地理个体在指定场景下的行为建模不同,通过符号表达地理实体的行为状态面向的场景范围较大,涉及实体数量较多。目前,只有部分学者通过扩展符号的视觉参量来研究动态符号的表达问题。这些研究成果为行为与状态符号的表达提供了参考,对行为与状态符号的表达具有借鉴意义。

鉴于此,本书首先系统地分析了地理实体行为状态的本质,研究了地理实体行为与状态符号化表达的理论体系;然后研究了基

于关系映射和时间约束的行为与状态符号的表达方法,构建了行为与状态符号从设计到应用的实现框架;最后分析了“嵌入式”和“整体式”的符号可视化方法,设计出与之相适应的行为与状态符号可视化过程,并对已有的地理信息共享成果——“符号多平台显示技术”进行扩展,使之适用于行为与状态符号的表达。

本书是在作者博士论文基础上修改完善而成的,同时在国家自然科学基金(41101358,地理实体行为的符号化表达机制及方法研究)的支持下,作者对其中的理论与应用进行深入研究,最终形成此书。

感谢我的导师闫国年教授在该领域对我的指点。老师渊博的知识,敏锐的洞察力,出色的社会活动能力和严谨的学者风范一直感染着我,老师的自信豁达和工作激情也永远是我学习的榜样。感谢张书亮教授、陶陶博士和杨建军硕士,你们在符号共享方面所做的工作对于我的研究具有重要的参考意义。

焦东来

2014. 9. 11

序言

第 1 章 绪论	1
1.1 行为与状态地理实体符号的背景	1
1.2 地理实体符号研究现状与进展	4
1.3 地理实体行为与状态以及符号的现状分析	15
第 2 章 地理实体的行为状态	16
2.1 地理实体行为状态本质	16
2.2 地理实体行为状态的表达方法	24
2.3 符号与地理实体的行为状态	30
2.4 本章小结	34
第 3 章 地理实体行为与状态符号表达方法	35
3.1 行为与状态符号表达的理论基础	35
3.2 地理实体行为与状态符号	48
3.3 地理实体特征参量可视化映射	65
3.4 行为状态的表达	75
3.5 本章小结	79

第4章 地理实体行为与状态符号模型	81
4.1 地理实体符号行为状态建模	82
4.2 行为与状态符号概念模型	83
4.3 行为与状态符号逻辑模型	91
4.4 行为与状态符号物理模型	100
4.5 本章小结	109
第5章 地理实体行为与状态符号可视化	110
5.1 地理实体符号可视化及动态地理信息可视化方法	110
5.2 支持行为状态的地图符号多平台显示技术	113
5.3 行为与状态符号渲染	117
5.4 行为与状态符号可视化实例	128
5.5 本章小结	133
后记	134
参考文献	136

第1章

绪 论

1.1 行为与状态地理实体符号的背景

地学信息可视化是由科学计算可视化与地球科学结合而形成的,是关于地学数据、地学分析过程、地学研究成果的视觉表达。自从国际地图制图协会(International Cartographic Association, ICA)于1995年成立了可视化委员会,并实施制图项目(Carto-Project)的研究项目以来,计算机图形学技术与方法在地图学与空间数据分析中的应用得到了长足的发展。伴随着现代计算机技术,尤其是计算机图形图像技术和科学计算可视化的发展,地学信息可视化表现出交互动态的特征。

从动态地图到地图动画,从三维场景构建到虚拟环境,无论是二维GIS还是三维GIS,地理要素的表达都呈现出动态特征。作为地图语言的地图符号(Map Symbol)在地理信息可视化领域担任着重要角色:一方面,地图符号是地学信息可视化场景中必不可少的组成部分,地图符号质量的高低、是否形象、与所指特征是否

相符都会直接影响到可视化的效果,进而影响用户对地理信息的理解;另一方面,地图符号是地理要素的信息载体,直观、形象地体现所指要素的特征是符号设计者们永恒的追求。因此,要素的动态性必然要求与之对应的符号具有动态特征。

可视化的动态特征包括了地图显示过程中的范围很宽的变化,这被 Shepherd 称为“地图行为”(Map Behavior)。作为地图的基本元素,地图符号也出现了行为特征。当地理要素发生变化时,地图符号就应该能够表示这种变化,对一个地理要素提供多方位、多时相、渐进变化的连续视图,其本质就是地理要素特征影响下的地图符号状态行为的可视化。对于行为的定义,不同的学科给出的定义不同:哲学家认为行为是受思想支配表现在外面的活动;伦理学家认为行为是基于自由意志的动作;生理学家认为行为是指肌肉和分泌腺的活动。在地学信息可视化领域,地理实体及其现象的行为是实体对象随时间推移而产生的自身状态的变迁,是实体对象与现象的内在规律和能力在内、外部干扰下的表现,行为控制取决于实体对象与现象自身。行为与状态符号就是用地理实体符号的方式描述地理实体自身与现象状态变迁的过程。

由于地图符号是一种传统称谓,随着地理要素的符号逐渐应用到虚拟环境中,用“地理符号”表述将更加贴切,面向行为状态表达的地理符号简称为“行为与状态地理符号”或“行为与状态符号”。实体的行为建模已经在虚拟环境研究中展开,实体的行为建模的目标与虚拟环境中建模的需求是一致的,因此实体行为建模被认为是虚拟环境中建模技术研究的一个重点,诸多学者已经在不同领域展开了实体行为建模研究,例如 Reynolds^[1]研制了一种模拟鸟类集群现象的系统“Boird”; Tu 和 Terzopoulos^[2]采用视觉合成技术设计了一种人造鱼模型;Loyall^[3]提出一种基于反应式的 Agent 行为动画体系结构——Hap; Aristid Lindenmayer^[4]

提出了L系统,用于描述植物生长等。然而实体行为建模的主要目标是对真实物体的行为(包括反应行为和智能行为)进行准确的建模,使之能在计算机上对其进行模拟。地理实体符号的状态行为建模不同于实体建模,地理实体符号是地理要素的代表,是一种约定俗成,具有不言而喻的经验意义,它传递信息,产生解释。与普通符号一样,地理实体符号必须为某一类事物或一类情感体验赋予具体的概念或形象,它的抽象性一定要低于自身所暗示的东西^[5]。因此地理实体符号状态行为建模与实体建模不同。地理实体符号状态行为建模更注重符号的视觉变量与状态行为的关系表达。符号行为是地图符号在所代表要素的特征以及周围环境影响下,展现出来的行为特征,主要表现为符号在时间(周期、频率、次序、持续期等)约束下的视觉变量变化。

总之,无论是在二维环境下还是在三维场景中,地理实体符号始终是可视化的重要组成部分,因此能否通过地理实体符号视觉变量分析,研究行为与状态符号的构图规律,建立二维和三维符号中状态行为的表达机制,是二维可视化和虚拟环境中地理要素可视化表达的重要补充。

作为地理信息共享研究成果之一的“符号共享技术”是南京师范大学地理信息共享课题小组的重要成果,其中的地图符号编辑器以及符号的多平台显示技术(MSDT)已经成功地应用于南京市路灯地理信息系统、南京市排水规划地理信息系统、浙江丽水综合管网地理信息系统等多个项目,在研究和应用过程中形成了关于符号的设计、渲染、多平台显示的系列理论和成果,为本课题的研究打下了坚实的基础。

无论是地图制图系统还是地理信息系统,地理实体符号均是它们的重要组成部分。地理实体符号设计的好坏直接影响着地图成图的质量以及对地理信息的理解。地理实体符号内容的丰富程

度决定了地图的展示效果。传统的地图符号设计主要面向基础测绘领域,地理实体符号的表达有着规范的图示。随着地理信息系统(Geographical Information System, GIS)的社会化,越来越多的民众开始接触地图,从万维网上的电子地图到便携式的移动终端设备的电子地图,电子地图已经延伸到人们的生产与生活中。用户对于地理要素的图形化描述的要求越来越高,传统的地图符号表达已经不能满足大众日益增长的视觉需求,建立形象直观的地图符号必将对GIS大众化与社会化产生积极的影响。

1. 面向行为状态表达的地理实体符号丰富了地理要素可视化表达的手段

地理实体符号不是一成不变的,它必然随着用户的需求与技术的发展而发展。地理实体符号可看作是空间地物的概念模型,它所包含的地理语义实际上反映了空间地物的基本属性特征^[6,7],建立基于要素特征的行为与状态符号,使符号的图形图像特征更符合地理要素的可视化表达要求,同时地理实体符号面向状态行为的表达也满足了地理信息实时动态显示的要求。

2. 行为状态地理实体符号丰富了虚拟环境中的行为建模手段

在虚拟环境的行为建模中,对于部分地理要素的模拟完全可以采用行为与状态符号的方式进行表达。因此,行为状态地理实体符号的研究一方面丰富了虚拟场景中的内容,另一方面,可以通过行为与状态符号的设计,快速地完成部分虚拟实体的行为建模。

1.2 地理实体符号研究现状与进展

目前,在国内外尚未见到关于行为状态地理实体符号的研究,但在地理实体行为建模、符号视觉变量研究、地图符号的表达模型

研究、地理信息可视化表达研究和地图符号库等相关研究方面已取得了较为丰硕的研究成果。

1.2.1 虚拟环境中行为建模

行为建模是探索一种能够尽可能贴近真实实体对象行为的模型,使构造实体对象的人能够按照这种模型方便地构造出一个行为上真实的虚拟实体对象^[8],行为建模的主要目标是对真实物体的行为(包括反应行为和智能行为)进行准确的建模,从而能在计算机上对其进行模拟。目前在地学领域,行为建模研究的诸多成果还是集中在虚拟环境研究领域。

从软件方法的角度,将虚拟环境中的行为建模技术方法分为基于过程的行为建模、基于对象的行为建模和基于 Agent 的行为建模。Hagsand^[9]重点研究了基于过程的行为建模,该建模方式最主要的特点是在建模过程中,将物体的属性数据与其行为动作分离,利用过程式的方法和编程语言来实现整个建模过程。Kallmann 等人研究了基于对象的行为建模方法^[10-13],该建模方法的主要特点是通过特征建模(feature modeling),把物体的行为动作包含到物体的描述中来,即把物体的属性数据与行为描述结合在一起,模型对象包含图形表示、内在属性、自身行为等内容,这是当前比较流行的一种建模方法,该方法的典型代表是 Smart Object 和角色分类法及其改进方法。Jennings、Iglesias、廖守亿等研究了基于 Agent 的行为建模技术^[14-17]。有迹象表明,基于 Agent 的行为建模技术更适合描述智能行为。

目前在虚拟环境中的行为建模、建立的行为模型总是与某一类具体的对象相对应,例如模拟人运动的模型、人工鱼模型、植物生长模型等,对于地理实体符号来说,地理实体符号所代表的是各种地理要素,不是某一类对象,而是多类对象。因此,地理实体符

号的行为建模具有一定挑战性。然而从符号的设计过程来看,符号的制作具有通过图元设计符号的通用特征,符号的行为建模又具有可行性。虚拟环境中的行为建模方法为地理实体符号行为建模提供了参考,同时符号的个性决定了地理实体符号行为建模又具有其独特的特征。

1.2.2 符号视觉变量

地图符号是地图的语言,它是各种基本图像元素变化组合的结果。这些能引起视觉差别的最基本的图形和色彩变化因素称为“视觉变量”或“图形变量”。最早研究视觉变量并把它引入地图学的是法国人贝尔廷^[18],他提出了6个视觉变量:形状、方向、尺寸、明度、密度和颜色。美国的地图学家鲁宾逊在《地图学原理》一书中提出:“基本图形要素”是形状、尺寸、方向、图案、明度和颜色(1984)。前苏联地图学家萨里谢夫把视觉变量称之为“绘图方法”,包括形状、尺寸、颜色、方向、明度、结构(1976)。俞连笙等^[19]则认为:视觉变量应包括形状、尺寸、方向、明度、密度、结构、颜色和位置。

当把地物置于时空维时,需对上述变量进行扩展。在空间尺度上扩展深度变量,在时间尺度上扩展时间变量。深度变量包括色彩、阴影、纹理和透视变换^[20];时间变量包括持续时间、变化率、顺序和阶段。

动态地图中客观世界的变化与可视化中的显示时间有着直接的联系,静态地图中所有的设计变量原则上都可以在动画中使用^[21, 22]。这些可视化变量在表示空间信息的联系性、选择性、次序性、数量性时具有不同的效果。时态地理数据在地图上的显示也要根据相应的变化特征和类型进行视觉变量的选择。Hornsby^[23]曾针对时空数据在静态地图中的图形表示进行了总结,提出

了变化描述语言,详细地描述了单一和复合对象的变化类型(产生、重现、分割、合并、混合等),虽然他想要建立一个有关变化的规范化模型,但是仍不能充分地描述图形模型中的变化,如几何变化(边界的移动),时间特征没有被考虑进来。Eschenbach^[24]基于对象的空间结构划分对象的运动,其中主要的分类是沿轨迹的运动(在位置上完整的移动)和内部的运动(部分对象在位置上的改变)。后一种类型又被划分为增长或缩小、内部转动、部分运动。Yattaw^[25]将空间划分为点、线、面、体,时间划分为连续、循环和间隔,两者组合构成一个矩阵,组成12种运动类型。Peterson^[26]将时间域上的变化分为时刻、速度、持续时间、次序、频率;空间域的变化分为出现/消失、改变(性质、数量增加/减少)、运动(整体空间位置的改变—轨迹边界的变化)。徐智勇等^[27]重点研究了三维符号的状态、动态变化和操作的三个方面的参量,状态参量与平面地图的静态视觉参量类似;动态变化参量则包括持续时间、变化速率、变化次序、节奏等^[28-30];操作参量则包括旋转、缩放、LOD调整、阴影展示等。

以符号的视觉变量为基础,并且在时间、空间上进行变量扩展,是研究地理实体符号变量体系的基本途径。受到应用环境以及可视化目标的影响,视觉变量在具体的可视化应用过程中出现了选择性、次序性的特征。行为状态地理实体符号表达的基础仍然是符号的视觉变量,在完善行为状态描述方面,需要增加行为变量,以达到描述符号行为状态的目的。

1.2.3 地理实体符号表达模型

地理实体符号服务于地理信息可视化表达,因此地理实体符号的研究设计人员,根据实际的需求或者为了满足某种目的设计出不同的符号表达模型。地理实体符号的描述方法可分为文字、

数学方法、基于符号库的结构化模型、半结构数据模型。

1.2.3.1 地理实体符号的数学模型

钟业勋^[18, 31-34]根据集合论和拓扑学的有关理论,结合地图符号的共性和特点,分别对点状符号、线状符号和面状符号以及形状、尺寸、方向、密度、亮度、结构、颜色和位置等8种视觉变量给出了数学定义,阐述了图形和背景的相互依存关系以及它们在传输地理信息中的整体功能。

1.2.3.2 基于符号库的地理实体符号结构化模型

在基于符号库的地理实体符号结构化模型表达中,符号数据存储存储在关系数据库中,地理实体符号编码、名称以及图元的形状、色彩、样式等信息以二维表格的形式存储在关系数据库中。地理实体符号基本信息与图元信息通过外键进行关联,具有代表性的是南京师范大学的符号多平台显示技术(MSDT)体系下的符号描述模型^[35],该模型主要用于符号数据的共享与多平台显示。李青元^[36]给出了一个符号库通用数据模型的原始版本和基于该模型的符号库交换格式模式。考虑到地理实体符号管理以及渲染的方便,部分GIS软件,如ArcGIS采用了另外一种存储策略,符号的视觉变量信息以二进制块的形式存储在二维表的BLOB字段中,通过符号的序列化与反序列化实现二进制符号信息的存储与读取。地理实体符号的其他信息诸如编码、名称、类别等则通过关系表来管理。

1.2.3.3 半结构化的地理实体符号模型

地理实体符号的半结构化模型主要是通过可扩展的标记语言(Extensible Mark-up Language, XML)来实现的。由于XML是一种半结构化的文本标记语言,因此以XML描述符号的模型被称为半结构化模型。通过定义地图符号的描述规范(Schema),符号的制定者可以方便地以XML文档(Document)的方式描述地

理实体符号数据。具有代表性的半结构化表达方式是 GML (Geography Mark-up Language) 表达方式和 SVG(Scalable Vector Graphics) 表达方式。

地理实体符号的 GML 表达方式

GML (Geography Mark-up Language) 是 OGC (Open Geospatial Consortium) 从 2001 年推出的地理标记语言,其中的默认样式规范 (Default style) 定义了如何利用一些开放的标准或绘图软件描述地理要素的渲染特征^[37]。在默认样式规范制定的同时,OGC 推出了样式化图层描述实现规范 SLD (Styled Layer Descriptor Implementation Specification),该规范定义了样式化层描述符,并阐述了如何将网络地图服务规范扩展为允许用户自定义特征数据的符号体系^[38]。在综合了 GML 中的默认样式和 SLD 后,工作组推出了符号编码规范 (Symbology Encoding Implementation Specification, SE),用 XML 语言描述样式信息,用于描述要素和图层数据的渲染信息。与 SLD 不同的是,该规范可以用于其他服务规范,而不再专门针对 WMS (Web Map Service)^[39]。

地图符号的 SVG 表达方式

SVG (Scalable Vector Graphics) 是 W3C (万维网联盟) 在 2000 年 8 月制定的一种新的二维矢量图形格式。陈传波^[40, 41]提出了一种基于 SVG 文件格式的图元对象描述模型,该模型采用面向对象的方法描述图元的几何形状、应用属性以及与外界的交互功能,利用图元属性的继承与重载等机制减小描述图元信息的数据量。尹章才^[42-44]结合地图符号的结构特征和 SVG 的表达方法,提出了基于 SVG 结构化的地图符号概念模型、逻辑模型和物理模型,并提出了基于 XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformations) 的图示表达规则模型^[45, 46],并以地理标记语言

GML 为对象,通过 XSLT 将 GML 转换为基于 XML 的自定义地图制图标记语言(MapML),在此基础上,对 MapML 进行符号化,生成 SVG 地图。在尹章才的博士论文中,进一步探讨了地理信息的地图表达,并且基于 SVG 建立了符号的多维度模型(时间维和尺度维)^[47]。

基于可扩展标记语言的半结构化描述方式是一种公开、可扩展的描述格式,利用 XML 描述符号数据主要的目的是用于符号数据的公开、共享。然而 XML 数据需要解析,这无疑增加了符号绘制过程的环节,不利于提高符号渲染的速度。考虑到符号渲染的效率,采用结构化存储,符号数据用二进制文件表达是一种较为合理的选择。

1.2.4 动态符号

地图可视化侧重于地学视觉认知和地学信息视觉表达、交流。在可视化新技术的影响下,利用现代地图表达地学现象与规律出现了新的特征,如虚拟性、动态性、交互交融性、网络性等。随着新技术的应用,产生了许多地图新概念,如数字地图、电子地图、动画地图、静态地图、动态地图、交互地图、实时地图等^[18],作为地图语言的地图符号也出现了动态特征。

艾廷华^[30]在贝尔廷符号参量体系的基础上扩展了符号的四个动态参量(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,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,采用符号动态参量表现地理实体的时态特征和变化规律。祝国瑞^[48]将符号的状态描述(参量)与过程操作(对不同参量实施不同变换)封装,采用关键帧—一层—图元—几何/非几何属性的结构进行符号组织,设计出了基于多重变换组合的