

智能化地图注记配置

Supporting Data Model and Methods of Computational Geometry

罗广祥 著



西南地图出版社

智能化地图注记配置

——支撑数据模型与计算几何方法研究

罗广祥 著

西安地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

智能化地图注记配置:支撑数据模型计算机几何方法

研究/罗广祥著. —西安:西安地图出版社, 2005. 7

ISBN 7-80670-840-5

I. 智... II. 罗... III. 地图制图自动化—测绘注
记—研究 IV. P283. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091418 号

内容提要

本书以支撑数据模型及计算机几何方法为突破口,对数字环境下地图注记自动配置做了全面探讨,全书的主要内容及其组织结构如下:

第 1 章纵览了国内外地图注记自动配置的研究成果,分析了存在的弊端及地图注记自动配置的特点与要求;第 2 章在对传统地图注记配置规则进行条理化研究的基础上,结合知识工程、人工智能理论技术,研究了传统地图注记配置规则在数字环境下的形式化表示;第 3 章探讨所涉及的基本数据模型与计算机几何方法,该内容对注记候选位置质量的量化评价、注记候选位置确定及注记优化配置方法的选择与设计具有基础性的作用;第 4 章阐述复杂地图要素面向注记配置的形态分析;第 5 章研究不同地图要素类型注记候选位置的确定模型;第 6 章探讨地图注记自动化配置的优化算法;第 7 章是研究的实验及结果分析;结束语部分为本书的内容总结及展望。

本书主要面向地学类理工大学生、研究生参考使用,也供数字化地图制图、地理信息系统及相关专业的教师、工程技术人员参考。

智能化地图注记配置

——支撑数据模型与计算机几何方法研究

罗广祥 著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 煤炭科学研究院西安分院印刷厂印刷

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 12.25 印张 283 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—500

ISBN 7-80670-840-5/K·297

定价:25.00 元

序 言

地图是描述与传输地理信息的主要载体,它使用严密的数学法则,采用专门的符号系统,经过制图综合,将地球上的自然现象和社会现象缩小绘制到平面上,以反映它们的位置、形状、空间相互关系、分布模式及变化规律。图形符号是地图用于描述地理要素的主要语言,同时也采用地图注记这一自然语言符号,以弥补图形符号的不足。名称注记起着让读者从概念上将地图图形符号与具体地理实体连接起来的桥梁与纽带,而属性注记则起着补充说明地理实体的作用。注记配置历来是地图生产中的一项极度费时的活动,高效的注记配置方法的研究与推广是地图生产技术进步的重要体现。

随着技术的不断向前发展,地图制作手段、方法也在不断提高。计算机技术发展及应用的不断深入及全球信息化浪潮的出现,特别是在20世纪下半叶,通过卫星遥感、全球定位系统、地理信息系统和全球信息高速公路计算机网络等一系列高新技术的进步,推动着数字化地图制图不断向更深层次迈进。

数字化地图制图作为一种新技术提高了制图效率及地图产品的质量,丰富了地图内容的表示方法,改变了地图分析与应用的途径和手段,同时也为当代地图制图研究者提出了众多新的理论与技术性挑战问题,其中之一为带有经验性的传统地图制图方法在数字化环境下的自动实现,如地图制图综合及地图注记配置等问题。这类问题的特点在于模糊性较大,难于用数学模型精确描述,属非结构化问题,涉及当前计算机领域前沿研究课题——人工智能。自动化地图注记配置的研究起始于20世纪60年代末,而且多年来一直是数字化地图制图及相关领域的持续性热点研究议题,到目前已走过了近半个世纪的研究历程,取得了令人惊喜的成果,但依然有许多难题亟待进一步解决。

地理信息系统功能的进一步完善及各种形式空间数据库的建成,一方面为地图注记自动配置的研究提供了重要的基本平台支持,另一方面为地图注记自动配置研究成果提供了广阔的应用市场。

本书是对作者多年在地图注记自动化配置方面所做研究成果的系统整理的基础上而形成的,并希望所介绍的内容对地理信息系统平台注记自动配置功能的提高能起到一定的借鉴与参考作用。鉴于知识水平及认识上的局限性,书中疏漏在所难免,作者衷心地欢迎来自各方面的读者提出批评与建议。

感谢武汉大学祝国瑞教授、毋河海教授与长安大学田青文教授、陕西师范大学马耀峰教授、西北大学袁勤省教授的审读及所提出宝贵意见。

罗广祥

2005年7月于西安大雁塔

目 录

第1章 绪论	(1)
§ 1.1 地图注记自动配置概念与技术的提出和发展	(1)
§ 1.2 地图注记配置的特点	(6)
§ 1.3 模拟环境与数字环境地图注记配置的比较	(15)
§ 1.4 自动化地图注记配置的研究现状分析	(15)
§ 1.5 自动化地图注记配置功能的评价标准	(26)
§ 1.6 本书的主要内容	(26)
第2章 地图注记配置知识及其形式化表示	(28)
§ 2.1 地图注记的功能	(28)
§ 2.2 地图注记的分类	(30)
§ 2.3 地图注记组成要素	(36)
§ 2.4 注记配置规则	(39)
§ 2.5 地图注记配置知识的形式化表示	(43)
第3章 支持地图注记配置的基础数据模型与数学模型	(50)
§ 3.1 支持地图注记配置的动态数据库模型	(50)
§ 3.2 支持线状要素注记配置的数据模型及基础数学模型	(58)
§ 3.3 多边形单调性分析	(68)
§ 3.4 支持结构化要素面向注记配置的 Delaunay 三角网数据模型	(71)
§ 3.5 支持注记配置的 Voronoi 图模型	(79)
第4章 结构化地图要素面向注记配置的形态分析与综合	(85)
§ 4.1 面状要素主骨架线型注记定位线的确定	(85)
§ 4.2 面状要素点状方式配置名称注记的定位模型	(109)
§ 4.3 群点型要素名称注记定位模型	(111)
§ 4.4 线状要素面向注记配置的形态分析	(114)
第5章 地图要素候选注记位置定位点坐标确定模型	(123)
§ 5.1 点状配置方式候选注记位置坐标确定模型	(123)
§ 5.2 线状要素候选注记位置确定模型	(127)
§ 5.3 面状配置方式候选注记位置坐标确定模型	(132)

第6章 注记位置质量评价模型体系及优化方法	(134)
§ 6.1 单点型点状要素候选注记位置质量评价模型体系及优化方法	(134)
§ 6.2 线状要素候选注记位置质量评价模型体系及优化方法	(141)
§ 6.3 面状要素候选注记位置质量评价模型体系及优化方法	(147)
§ 6.4 面点型名称注记候选位置质量评价模型体系及优化方法	(152)
§ 6.5 地图要素注记配置次序安排原则	(154)
第7章 地图注记配置实施与实验	(156)
§ 7.1 地图注记配置知识库的建立	(156)
§ 7.2 注记配置模型的实施	(157)
§ 7.3 注记配置系统的总体逻辑结构及实施	(159)
§ 7.4 注记配置实验及结果分析	(162)
第8章 结束语	(173)
参考文献	(176)

第1章 绪 论

地图注记自动配置其含义为用计算机在一定软件支持下,根据地图要素图形特点、坐标及图面分布状况等数据,将设计阶段为各要素确定的满足一定表面特征、以计算机文件形式存贮的注记,自动定位于地图图形背景之上,渴望取得地图制图专业人员所能达到的配置效果。

实现地图注记自动配置除必要硬件外,须具备两个前提条件,其一是对地图制图软件功能的要求,其二是对地图制图资料的要求。前者要求制图软件必须具有能自动为各要素注记确定合乎要求的配置位置的能力;后者要求地图制图资料必须是按一定格式存贮的数据文件。若存在数据文件,但地图制图软件缺乏注记自动配置功能,或者此项功能较差,高质量注记自动配置效果达不到;若存在具有自动定位注记位置功能的软件,但不存在数据文件,模拟地图制图资料必须进行人工数字化,地图注记必须人工从键盘上输入时,同样也谈不上地图注记的自动配置。鉴于数字化地图制图已融入工具性地理信息系统(geographic information system—GIS)平台之中,作为GIS平台的一项重要功能,以GIS数据库表示与存贮地理信息的技术潮流势不可挡,目前将地图注记自动配置界定如下:

地图注记自动配置是研究如何使GIS平台根据地理要素数据的地图可视化表示的图形特点、坐标、空间分布状况、类型、等级与其他相关属性等数据,对存放于GIS数据库中各数据层属性表中的注记字段,自动地在空间数据可视化表示框架中选择合乎要求的配置位置,并按地图制图专家为其确定的外表特征进行显示,以期能够达到或者接近地图制图专业人员人工所能达到的配置效果。

§ 1.1 地图注记自动配置概念与技术的提出和发展

一、计算机地图制图奠定了地图注记配置必然走向自动化

千百年来,地图生产一直由人工来完成,其速度慢、周期长、作业人员劳动强度大,因此,地图制图研究的一项重要内容是围绕制图效率提高及技术革新而展开,诸如手工技艺被机械及光学设备顺次取代,同样,地图注记也历经手段、技术的不断演化与革新,从手工书写到15世纪后半叶的章印法,再到19世纪40年代蜡刻印刷法。20世纪前半叶,高质量地图依然采用手写注记,20世纪20年代和30年代开始了像纸注记粘贴、透明胶片注记粘贴及压敏转印等注记方式。这些方法在我国一直沿续到20世纪80年代末至90年代初。

20世纪40年代中期计算机的发明,对人类社会各行各业产生了深刻的影响,长期以来科研、工程设计等工作中繁杂的计算任务交由计算机来完成,大大提高了科研、工程设计的效率。与此同时,从事工程设计及机器制造的科研人员也开始探索利用计算机辅助

产品设计与制造,从而开始了计算机辅助设计与计算机辅助制造的研究与应用。20世纪50年代,国际地图制图领域也开始探索利用计算机辅助地图设计与制作,由此开始了计算机地图制图的研究与应用。计算机地图制图历经了原理探讨、设备研制、软件设计,到20世纪70年代在欧美一些发达国家已由实验室试用期发展到应用阶段,地质、测绘、石油、水文、气象及环境监测等高层次部门已建立了计算机地图制图系统,由此开始了以计算机为工具的地图自动化生产,揭开了地图生产崭新的历史篇章。

早期计算机地图制图在自动化中夹杂着大量的人工化色彩,计算机主要完成地图数学基础建立、地图符号设计、地图图形自动绘制,而地图生产中智能性较高任务由人工协助计算机来完成。地图注记配置自动化程度限制在字体用计算机模拟生成,由此取代了长期以来沿用的照像植字及注记粘贴技术,注记在图面上的定位全部由制图专业人员交互式在计算机上来完成。此外,由于许多国家民族的文字当时还不能在计算机中模拟产生,注记粘贴依然在全球范围地图生产中广泛使用。这时学术界已有一些人开始着手注记自动定位的研究,研究重点主要放在点状要素注记位置确定,其中很少涉及到注记位置压盖要素及注记之间互相压盖的判别与消除策略的研究。

二、功能完善的制图系统为自动注记配置研究提供了技术平台支持

20世纪80年代较好的计算机地图制图外围设备(显示器、打印机、绘图仪、数字化仪)的出现、价格的可接受,使一般地图制图机构有能力应用计算机地图制图技术,推动了计算机地图制图在相关行业的广泛应用。此外,计算机编程理论与技术、数据库理论与技术有了空前的提高,使计算机地图制图系统的功能得到了较大改进,这时计算机地图制图系统已具有较强空间数据与属性数据管理能力、空间查询能力,形成了工具型GIS平台的雏形。就计算机地图制图研究而言,学术界已更广泛地开展深层次理论与技术研究,诸如地图制图综合自动化、地图注记自动配置、地图数据处理模型、空间数据与属性数据的可视化等。这一时期计算机文字处理技术也得到了空前发展,全球范围内一改过去相当长时间里计算机仅能接受欧美文字的局而,众多国家与民族都相继地建立了自己的文字库及文字输入系统。我国也在这一时期里建成了汉字库,编制了多种形式的汉字输入系统,实现了汉字的计算机输入、存贮与显示输出。这样,全球范围内地图生产中的注记工作基本上摆脱了粘贴注记。由于计算机地图制图系统功能比已有较好的改进及计算机编程语言性能的提高,国际上地图注记自动配置的研究也迈向了更深的层次,提出了许多地图要素候选注记位置确定模型及地图注记优化策略,如Ahn, J and freeman, H(1983)、Doerschler, J S(1987)、Basoglu, U(1982)、Hirsch, S A(1982)、Kadmon, N等学者在该方面都进行了深入的研究。但多集中在点状要素注记配置的研究之中,而且多以居民地图图形符号注记配置为例;在注记优化配置方面,对地图注记配置影响因素考虑很不全面,其研究成果还不能应用到地图生产之中。因此,这一阶段的地图注记配置还是以交互式人工干预为主,加之地图生产缺少数据文件资料,而主要依赖于模拟纸质地图数字化来保障,地图生产对这项技术并未形成明显需要,一般作业员也意识不到地图注记自动配置的价值所在。

三、GIS平台的出现及功能的进一步完善为地图注记自动配置研究提供了更好的基础支持

地图自动注记配置涉及的问题很复杂,用严格手段将地图注记与地图图形要素有效

地结合起来是一个极端困难的事情,为使地图注记得到最佳配置需要做出很多决策,包含许多空间分析与判别,有良好空间分析功能的开发平台必为该问题的有效解决提供支持。学术界对自动地图注记配置研究历程是沿着支持平台从无到有、从功能低级到功能高级的方向发展。综观国内外该问题的研究,其实现途径有如下三种形式:

● 不依赖基础平台

由于地图注记自动配置涉及到空间数据与属性数据的有效管理、多种空间分析的综合使用、支持压盖分析所要求的动态数据模型生成、合理优化算法设计,等等诸如此类的复杂问题,没有可依赖的基础平台,仅从某个高级计算机语言来研究该问题,其试验数据只能采取模拟的形式,其研究也只能放在要素候选注记位置的确定,研究采用的数据场与地图实际背景大相径庭。早期地图注记自动配置的研究就是这种形式。

● 依赖于计算机地图制图系统

20世纪70年代中期到80年代初期,地图注记自动配置的研究采取这种形式,即研究过程涉及的空间数据由某个计算机地图制图系统来采集与管理,研究人员将主要精力放在与地图注记自动优化配置直接相关的问题之上。由于计算机地图制图系统其空间分析功能比较弱,或者根本不具备空间分析功能,围绕注记自动配置所涉及的大量复杂任务是单独一个研究人员难以胜任,一般也很难取得较满意的效果。取得较满意的效果也常常仅限于某种类型地图,而且属于内容相对较简单的图种,对其他类型地图其效果不能让人满意,如美国人口调查局地理部设计的地图注记自动配置系统,仅适合美国人口调查方面地图制图工作中的注记自动配置。

● 基于工具型GIS平台上的研究

工具型GIS脱胎于计算机地图制图系统,随着计算机地图制图系统的广泛应用,地学与资源环境应用领域对其提出了新的功能要求,要求它除具备完善地图制图功能外,更应该具备地学与资源环境地理信息分析与深层次应用所需的功能,以支持地学研究及资源环境有效规划与管理中的决策行为。适应于这种新的要求,计算机地图制图系统从原来纯粹性的地图制图功能发展为融合多种功能于一体的工具性地理信息系统平台。

地理信息系统是以地理空间数据库为基础,融合计算机科学与技术、地图学、地理学、数学、统计学、测绘学、遥感技术、卫星全球定位系统等学科与技术于一体,对与地理空间相关信息进行采集、存贮、转换、管理、操作、查询、分析、模拟显示、地图制图、地图与报表输出,并采用地理模型与其他地学模型分析方法,适时提供多种动态地理空间信息的计算机软硬件系统。单从地图制图角度来讲,计算机地图制图系统发展到地理信息系统,其原有制图功能得到进一步加强,过去人工专题地图制图编制过程中对原始数据的加工处理,其实质就是GIS平台对地理数据的分析与处理,如分级数据处理、多因素聚类分析、因子分析处理、相关分析处理、预测分析处理等。GIS平台具备的多形式空间分析功能、强大空间数据及属性数据管理功能、二次开发环境为地图制图学研究的前沿问题提供了大量基础依托数据模型与数学模型,这样在进行这些问题研究之时,研究人员更注重问题自身研究。例如在地图注记自动配置研究中,有关地图要素图形特征分析、相互之间存在着注记配置影响的地图要素群组识别、地图注记配置过程中注记压盖图形要素、注记之间互相压盖情况的检测等方面,可通过灵活地运用GIS平台的基本空间分析

功能(如空间邻近性分析功能、叠置分析功能、包含、相交、要素之间拓扑关系分析等)来完成,可以有效地降低问题研究所涉及的任务。此外, GIS 平台一改计算机地图制图系统属性数据项太贫乏,可以为地图要素建立多方面的属性数据项,为地图注记选择提供丰富的事实性知识支持。同时在地图注记自动配置的研究中,还可以暴露 GIS 平台空间分析及数据组织欠缺之处,从而有利于进一步完善 GIS 平台的功能。

自 20 世纪 80 年代后期以来,有关地图注记自动配置研究均相对于某个 GIS 平台而展开,这时无从从地图内容复杂度到研究的深度及研究成果面向实际地图生产的应用程度等方面都有了空前的提高,例如建立在 Arc/info 平台之上的 Maplexe 就是这方面典型代表。

四、数字化制图资料的可获得性奠定了自动化地图注记配置的应用潜力

正如文章开头所言,地图注记自动配置的实施与应用必须具有两个前提条件,其一要求地图制图软件必须具有较好的地图注记自动配置功能,其二是作为地图制作的基本资料必须是按一定格式组织的计算机文件,而且易于获取。在 20 世纪 90 年代之前,全球范围绝大多数国家没有正式以政府行为规划各自基础地理信息数据库及资源环境地理信息数据库的建立及信息共享的具体措施,因而,地图生产很难获取按空间数据库形式组织的数字型制图资料,致使自动化地图注记配置的需要不很明显,也有不少人对于研究自动化地图注记配置的必要性产生了一些质疑,他们的理由是“既然作为数字化地图生产的地图资料必须进行人工数字化,作为地图要素的注记必须从计算机键盘上人工输入,在注记输入过程中,同时由制图作业员交互式完成注记在图面定位,因而地图生产根本没有必要将要素注记先输入到文件之中,再由自动化地图注记配置模块来为它们定位。”从而造成某些人认为研究该问题没有必要,并认为研究成果没有应用市场。其实不然,科学研究具有超前性,一项研究在一定时间人们看不出其应用价值所在,但并不等于未来社会生产及人们日常生活对其不需要。

自 20 世纪 90 年代之后,一场融合计算机应用、网络数据通讯、信息服务新技术革命席卷全球,标示着“信息时代”的到来。信息化浪潮已从一场技术革命,引发为一场产业革命,进而对全球政治、经济、科技、教育、军事及社会生活各个侧面产生全方位的深远影响,世界各国政府都以战略性的眼光来加快推动国家的信息化进程。

自 20 世纪 90 年代以来,全球信息化历程从美国开始,历经了从信息高速公路到国家空间数据基础设施计划再到数字地球。美国总统克林顿 1993 年 2 月签署法令,建设全美信息高速公路,将信息技术推进到人们的日常生活。鉴于与人类社会生活相关的绝大多数信息具有地理空间定位特征,将这类信息在具有地理框架形式的数据集上进行组织,并使这种地理空间定位框架与社会经济信息复合体数据集在信息高速公路上传输,必能取得更加直观地面向管理、决策及信息服务保障效果。为此,美国总统克林顿 1994 年 4 月签署了“建设国家空间数据基础设施”的 12906 号行政命令,要求美国地质调查局、测绘部门与有关机构生产与提供地理空间基础定位框架,其主要内容包括大地控制、数据正射影像、数字高程模型、道路交通网、水系、行政境界、地籍等基础数据,同时建立数据协调、管理机构与机制,制定地理空间数据标准,建立地理空间数据网络交换体系。美国这一举动,在国际社会引起强烈反响,各国政府都纷纷效仿,积极建设各自“国家空间数

据基础设施”。与此同时,国际上开始考虑建设“全球空间数据基础设施”、“亚太地区空间数据基础设施”。由此形成信息高速公路上的“车”、“路”、“货”三个形象化概念,“路”即信息高速公路传输网络,“车”即空间数据基础设施,“货”即复合于空间数据基础设施之上的社会经济等方面的属性信息。

“数字地球”其实质是将地球上所有信息进行数字化的宏大工程。“数字地球”依托于信息高速公路传输网络及空间数据基础设施,“空间数据基础设施”(车)承载着全球各个领域的多层次属性数据(货),运行于“信息高速公路”(路)网络之中,并通过社会各个领域共同努力,在各种新的技术依托下,对这些信息进行管理、分析与应用。从全球所有信息数据表示这个层面来讲,“数字地球”包括地球多分辨率数据集,三维数据集,新一代遥感数据集,较大比例尺基础地理数据集,农业、林业、地质、环境、资源等为数众多的专题地理数据集及社会、经济、文化等多种属性数据集。对于这样一种规模宏大、技术含量高的硬件保障而言,“数字地球”需要宽带、高速图形与图像网络体系,以实现全球众多信息快速发布与接收;从对于“数字地球”信息利用方式而言,它应是三维虚拟地理信息显示与利用,以推动“数字地球”信息能被所有人很好利用。

随着地理信息系统的广泛应用,全球化“数字地球”浪潮势不可挡,就计算机地图生产而言,当前及未来以 GIS 数据库表达的地理空间数据及属性数据,取代一度处于主导地位的模拟地图、模拟统计报表及模拟文献是必然趋势,将使计算机地图制图发生了根本性变化,计算机地图制图更确切地应称作数字化地图制图,也使得对地图的传统认识观念——融空间信息存贮与表示于一体的功能受到了冲击。地理信息在计算机存贮介质中按空间数据库进行存贮,形成了地理信息的存贮与地理信息的地图表示分离的格局。空间数据库是地理信息的存贮形式,地图是地理信息数据库的一种最常用的可视化表示形式,充当连接地理信息数据库与人的一种桥梁与纽带作用。空间数据库作为地理信息存贮形式,摆脱用传统地图存贮地理信息受有限图纸空间约束,而产生内容量及详细程度的有限性。数字化地图制图过程是空间数据库按应用需要进行可视化的过程,可视化产品也包含用 GIS 强大的空间分析功能、面向不同领域开发的应用模型对空间数据库进行深层次挖掘面派生的信息,同样,在数字化地图制图的过程中,地图注记自动配置是空间数据库属性表注记字段在地图框架上的可视化过程。

空间数据库、地图何为“鸡”何为“蛋”的关系只能从地理信息系统的发展历程来理解。地理信息系统开始使用之后较长一段时期里,全球范围内应用单位面临的主要任务是空间数据库建设,而建设空间数据库主要采取数字化国家各种类别及比例尺系列地图,因而给人们造成了地图是空间数据库母体的印象。但是,随着地理信息系统应用的深入和空间数据基础设施的建成,易于更新、永久性强、永不变形的空间数据库将成为地图的母体,空间数据库主体地位随后永远不会动摇,而且当今诸如遥感、全球定位系统、全站仪、数字摄影测量系统及其他专题地理信息调查与观测的结果都首先以数字化的形式出现,可以方便地融入空间数据库之中,顺应全球信息化浪潮。

“信息化”及“数字地球”浪潮使地图生产从模拟资料过渡到数字资料,对数字化地图制图中注记自动配置产生了迫切需要,这种迫切需要必将作为一股强大力量推动其不断完善,以提高地图生产速度,降低制图人员在配置注记中投入的劳动强度与时间。

§ 1.2 地图注记配置的特点

一、地图注记配置是一项智能体行为

机械体行为与智能体行为是一组相对立的概念,前者表现为行为固定、动作重复,承担体在完成任务时,行为顺序不变、按部就班,而不是要在完成任务的具体过程中动态地瞬时做出决策,因此,先做什么、后做什么、怎样做都事先安排好,完成任务只要按规定顺序与行为进行,就能取得正确的成果;后者表现为行为事先难以规定,而需要承担体在完成任务过程中,根据实际情况动态地做出决策,承担体具有高度的自适应性及学习能力,它能及时获取环境背景情况,对其性质状态做出正确识别,并形成应付与处理的对策。地图注记配置是一项智能体行为主要表现在如下若干方面:

- 注记位置选择具有多变性。
- 控制注记配置的规则常存在着冲突性。
- 图面内容分布的高度不均衡性而形成规则使用的不一致性。
- 地理背景的差异性而形成规则使用的不一致性。
- 人文因素的差异性而形成规则使用的不一致性。
- 地图要素图形形态的多样性而形成候选注记位置确定算法的难统一性。
- 地图类别的多样性而形成注记配置要求的不一致性。
- 不同注记配置规则作用强度的差异性。
- 不同要素注记配置存在相互影响性。

综合如此众多因素,要在有限的地图平面的可利用空间中,合理配置数目众多的注记,决定承担体必须在配置注记过程中,要根据实际情况随时做出灵活决策,而难以事先规定好,这种特点正是智能体所具有的行为,而非一般机械体所能胜任,也决定了地图注记配置是一个非常复杂的问题。Clifford H. word 博士曾说过这样一段话“开始学习地图制图学的学生或者非地图制图专业的学生经常认为,地图制作过程中的制图综合与地图注记配置是再简单不过的一项活动,其原因在于对这些问题缺乏深入认识,当随着对问题认识的加深,又对其中的复杂性、多变性、实施的灵活性、得到满意成果的困难性而惊叹,而且还时常发出殊不知这些问题还有这么多高深的理论值得研究”,其中也蕴涵着地图注记配置是一项智能体行为。

二、地图注记配置过程要进行复杂的空间分析

在地图注记配置过程中,为某个要素选择合适的注记位置,要受地图上该要素周围其他要素图形及其他要素注记的多种约束,必须对当前要素与周围其他要素的空间分布格局、相互影响的程度进行深入细致的空间分析,在此基础上才能选择一个较好位置。早在 20 年前, A. H. Robinson 认为“尽管计算机辅助地图制图取得了进展,而地图注记配置还是只能由人工来辅助完成,自动注记是一个很麻烦的问题,用严格自动化手段将注记与地图图形及其他要素有效地结合起来依然是极度困难的,为使注记得到最佳配置需做出许多决策,包括复杂的空间分析和判别分析,当前这一代地图制图软件尚缺乏这种人工智能。”时至今日,在计算机辅助地图制图的基础上,融合空间数据管理技术、多种空

间分析等功能于一体的地理信息系统平台,使数字化地图制图过程中的地图注记配置自动化程度、配置质量比20年前有了很大的改善,但结果依然与制图专业人员人工配置效果相差甚远,要求制图专业人员进行大量的交互式修改,其原因归于地图注记配置自身的复杂性超出了计算机技术、相关学科及技术目前的发展水平,但从地理信息系统及数字化地图制图的角度来审视,立足目前技术水平,采用适当方法提高地图注记配置质量,努力降低制图专业人员人工干预程度也是可行的。

从地图注记配置过程对空间分析较强依赖性方面着眼,目前对地图注记配置的研究一方面应详细研究地图注记配置过程需要哪些形式的空间分析?为了有效地进行地图注记配置,现有地理信息系统平台基本空间分析工具面向该问题时应如何有效组织?现有地理信息系统平台的基本空间分析工具对该问题的保障程度怎么样?另一方面应研究对地图注记配置有实效而目前地理信息系统平台不具备、或者在地图注记配置研究中没有意识到其较好利用价值的空间分析模型还有哪些?基于这样一种求实的观点与态度开展研究,不仅有助于深化注记配置问题的研究,而且有助于从地图注记配置的角度激发对地理信息系统平台空间分析基本功能的丰富与完善;不仅对地图注记配置研究具有奠基作用,而且有助于在新形势、新技术背景下,一如既往地发挥地图制图学在自身发展过程中对推动地理信息系统的产生、发展与完善所扮演的作用。21世纪以至永远,地图制图学与地理信息系统科学与技术相互依存、共求发展的关系会更加鲜明,地理信息系统数据管理、空间分析、应用模型库、二次开发形式与能力的发展与完善,必将对地图制图学研究及数字化地图制图生产实践产生革命性与划时代性的深远影响;地图制图学研究及数字化地图制图理论与技术的重大突破,对地理信息系统发展与完善必定同样具有革命性与划时代性的重大意义。这是本书作者在论文研究过程中,从数字化地图制图过程面向高效性、高质量注记配置结果对GIS平台空间分析依赖性面得出的一点体会,同时也构成本书研究地图注记配置特色的一个方面——出于空间分析的角度来探讨支持自动化地图注记配置的基础理论依托。地图注记配置涉及下列方面的空间分析行为与活动:

● 地理要素形态与分布特征分析

结构化点状群体形态与分布特征分析、线状要素形态特征分析、面状要素形态特征分析,研究目的在于迈向高质量的候选注记位置的确定,增强结构化地图要素注记配置对实体形态特征的适应性。高质量候选注记位置的确定是选择最佳注记位置的基础,因为再好的搜索与优化方法永远不会从坏东西中找出好东西。

● 空间邻近性分析

在地图注记配置的过程中,各要素注记配置存在相互影响性,一个地图要素注记配置与其他要素图形注记配置存在着相互制约关系,但这种相互制约关系限制在其图形周围一定范围之内,它一般不会与离其较远位置上的其他要素存在这种相互制约关系。这种现象在点状要素注记配置上表现得最为强烈,也决定了点状要素注记优化配置模型必须具备高度的并行性,具有象棋与围棋大师走一步要能看到随后“十步”棋局演化态势的预见能力,属于众所公认的高智商决策行为,须综合权衡多方面利弊与得失。要在仅具有串行信息处理能力的当代计算机上实现这种智能体型的决策行为,必须采用巧妙的空

间分析模型来保障,该模型何在?可以肯定的一点是该模型的作用在于能够识别出相互之间存在注记配置制约关系的子要素群,化大问题为小问题,减少不必要的干扰源,从而减少优化配置的盲目性,增强针对性。在研究过程中,本书提出了基于有限平面范围的点集 Voronoi 图剖分法(计算几何中的一种模型)进行点状要素注记优化配置方法。强调点状要素注记配置过程中空间邻近性分析是本书主张的一个主要观点。

● 拓扑关系分析

从宏观角度看,地球在演化过程中,形成海洋与陆地两个超大型面域格局,地球内部物质与能量分布的整体均衡性与局部不均衡性,产生了大陆漂移及地壳的波浪式隆起与下降,形成七大洲四大洋等超大型面域体系,洋中的岛屿与陆地上的湖泊、山脉进一步分割七大洲四大洋,再加上国家与民族地域分布范围的客观存在性、各个国家内部自高到低严肃的行政边界划分、各级不同规模居民地内部基本单元范围的明确存在性,在整个地球表面形成等级自高到低、面积由大到小逐级嵌套的多边形面域网状体系,它们在人们头脑中根深蒂固,代表着主权、包含着资源、滋生着财富,具有严肃的政治与法律特征,是 GIS 空间数据库表示的重要实体,也是模拟形式地图历来必须严肃对待、详细表示的重要要素,它们也在人们头脑中已形成了明确的地理概念,对其他要素具有重要地理参考定位意义。诸如某国在欧洲、西安在陕西省、罗家村在陕西省武功县武功乡、某市在黄海边、某岛在某海、某部队驻扎在南沙群岛、某大学坐落在鄱阳湖边,等等如此丰富多彩的以面状地域为参考的地理位置描述与信息交流。

除了整个地球表面客观存在这种等级自高到低、面积由大到小逐级嵌套多边形面域网状体系对其他地理要素具有重要的地理参考定位意义外,陆地表面诸如各种类型与等级的河流、水渠、运河、道路等线状地理要素也对其他地理要素具有重要的地理参考定位意义,例如西安在渭河的南面,汉江与长江交会形成武汉三镇的地理方位描述,陇海线与京广线的交会于郑州的地理方位、经济、战略地位描述。书中将这类线状地理要素分为通达物(各类各级道路)与障碍物(线状水系)两大类。

在地理要素参考地理定位时,人们常常从概念上将多级嵌套多边形面域网状地理参考定位体系与重要通达物、障碍物地理参考定位体系相结合,例如杨凌区地处中国西北,陕西省武功县西南,渭河以北,渭河支流漆水河以西,西宝高速公路与陇海铁路沿东西方向穿越而过,等等为数众多相对地理参考要素而进行具体要素的空间方位描述。

作为再现客观地理世界的地图模型,采用专门的图形符号系统,直观地向人们展现地理空间各实体的位置、形态、大小、质量特征、数量特征、空间相对位置关系、邻近程度、空间分布模式、随时间发展变化的规律,具有大量直接信息,同时又蕴涵丰富的潜在知识与信息,须依赖于个人知识水平、个人经验来感知,或者在数字空间下采用多种知识挖掘的方法来获取。

作为表示地理实体的地图符号,其在图上位置是通过测量或者其他现代化手段而定位,符号外观是制图专家们在科学地分类分级基础上,通过对地理实体的抽象、概括、综合等手段面设计的结果,摒弃了各自的具体差异性,给同类同级要素赋予完全一样的图形符号,从而给人们造成识别出各个具体地理实体的困难性,为了弥补这一弊端,地图学家采用地图注记,给地图上的各种图形符号打上了现实世界具体事物的烙印,从根本意

义上讲,地图注记充当地图读者将地图符号与客观世界各个具体地理实体联系起来的桥梁纽带作用。

地图注记配置从拓扑原则上而言,应保持其图形符号与其他要素图形符号具有的拓扑关系,这样才能正确地对所属要素进行说明,违反这种拓扑关系,给读者造成地物方位的辨别错误,重者会犯严重政治性错误。在数字化地图制图环境下,注记配置拓扑关系保持很难以自动化方式实现,它涉及到要在多个图形数据层中进行复杂的空间关系判别操作运算,目前多数研究地图注记配置的文献对此采取回避不谈的方式。鉴于这种原因 Francois Chiric 将拓扑关系问题称作地图注记配置研究中的微妙性问题(Subtle problem)。

地图注记配置的拓扑性涉及的第一个方面是居民地名称注记与上述多级嵌套多边形面域及重要通达物、障碍物地理参考定位体系中相关地物拓扑关系的保持,地图注记配置拓扑性涉及的第二个方面是地面上线状网络体系的名称注记的配置,如河网及城镇街道网络中名称注记的配置,在这种情况下,注记位置选择的拓扑性约束要求将主支流关系、主支街道关系交待清楚;地图注记配置拓扑性涉及的第三个方面是面状要素注记与其岛型区的关系处理。

就地图注记配置拓扑性而言,本书在研究中探讨在传统支持注记配置压盖情况检测的栅格数据集建立时,如何对栅格单元进行属性编码,使得通过压盖情况检测同时能起到消解违背拓扑约束规则的注记配置,这也形成本书研究的一个特色方面。

三、地图类型多样性形成注记定位的多样性

尽管地图要素总体上分为点、线、面三种,但同类型要素在不同地图上的注记定位还是有很大差别,如行政区划图上居民地圈形符号与地籍图上界址点符号同为点状要素,但这二者注记定位特点存在差异性。

四、地图注记配置随语言文字的差异性而有所不同

地图传输信息,其媒介是地图语言。地图语言中地图符号是其主要内容之一,同时地图注记也是其另一种主要内容,它利用自然语言文字形式弥补了地图符号的某些不足,注记与地物图形符号在地图上构成一个整体,以对地物多方面属性起说明作用。既然注记是一种语言文字,其“形”与“声”必然带有强烈的民族文化色彩,在全球范围内,人类的语言除极少部分具有“形”方面的统一性(如阿拉伯数字等)外,不同国家、甚至同一国家不同民族语言文字都具有鲜明的差异性。地图注记配置着重于文字“形”的特征,“形”方面不同必然导致其配置或多或少带有一定的差异性。

● 世界语言文字类型

美国缅因州立大学法籍教授 Georges Jean 认为,在人类文明的发展进程中,文字最早在世界各地其“形”的特点是一样的,都是从象形文字开始,但是到了公元前大约 1000 年之前,人类文字演化史上出现了关键性的重大变革——人类发明了字母,由此形成世界文字沿着两大方向在演化与发展,一个方向是一些国家文字继续沿着象形文字方向发展,另一个方向是大多数国家摒弃了象形文字,而沿着字母文字发展演化,这两种文字演化格局一直保持到目前,由此形成世界文字的两大阵营,其一是符号文字,它是过去象形文字的继续与发展,其二是拼写文字,它是字母文字的继续与发展。符号文字的典型代

表包括中国汉语文字、日本文字、朝鲜文字等,拼写文字的典型代表包括阿拉伯文字、希腊文字、拉丁文字。

● 符号文字与拼写文字的特点

符号文字不是以语音符号(声元)为基础而形成,它不是口头语言的再现(不是从“声”的角度来构建);拼写文字是以表达声元的少数字母组合而构成,它是口头语言的再现,其在外形上与代表的客观现象与事物并不存在“形”上的高度抽象性,而是以一种适应记录声元字母组合的代替物而已。符号文字每个字就是一个个体(具有客观实在对应性),而拼写文字字母按规定的一种字母组合才是一个具有客观实体指定作用的一个个体,其中每一个字母不能单独出现。符号文字的一个具有独立意义的个体呈方块结构,而拼写文字的一个具有独立意义的个体呈长条结构。地图符号是客观事物的一种图案化、简单化的象形符号。从文字起源来讲,象形文字(符号文字)与地图符号同源,其形具有类似的性质;拼写文字与地图符号从起源及形态上大相径庭。二者作为地图注记对地图图形的亲和性及配置规则上肯定有所差别。

● 符号文字与拼写文字的地图注记字隙

符号文字注记布局间隙只有一种,即字与字(独立个体与个体)之间的间隙,因为组成字的偏旁部首不可人为拉大与缩小;拼写文字地图注记布局间隙有两种,一个是独立个体(“字”或者称作“词”)内部字母与字母之间的间隙,另一种是词与词之间的间隙,它相当于汉语字与字之间的间隙。拼写文字词内字母之间隙不能太大,否则影响易读性,词之间的间隙比词内字母之间隙大许多,但也不能太大。

● 符号文字与字母文字对线状要素压盖程度的差别性比较

虽然在配置地图注记时,应尽量回避压盖线状要素,但在地图要素内容密度较大的情况下,若不压盖线状要素,点状要素注记无法配置,这时可让注记压盖一些不重要的线状要素(如等高线),再者某些线状要素本身也采取线上配置注记。由于符号文字与字母文字形体结构不同,它们二者对线状要素压盖程度有所不同,字母文字因呈长条结构,在与象形文字表达同样意思的情况下,一般其长度及图面占用面积较大(如“water”与“水”),压盖线状要素比符号文字要大许多。

● 对直立字向适应性不同

直立字向注记易读性比斜立字向好,因此,在地图坐标系为直角坐标格网时,线状要素与面状要素名称注记尽可能采用直立字向,符号文字对这一要求能很好保证,面长条形字母文字直立字向则难以保证。如图 1.1 所示,在我国地图上,线状要素与面状要

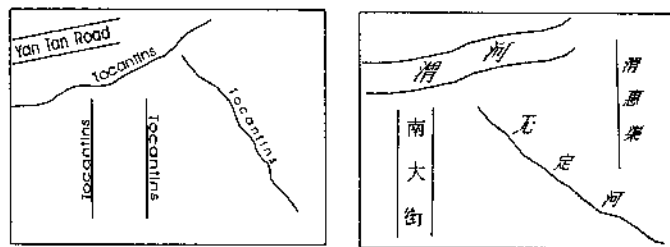


图 1.1 字母文字与符号文字线状要素注记字向比较

素名称注记多采用直立字向,而且文字特点在保证反映线状要素与面状要素延伸方向的同时,也能做到采用直立字向;在欧美等国家的地图上,线状要素与面状要素名称注记均采用斜立字向,其文字特点不能在反映线状要素与面状要素延伸方向的同时,又要保持直立字向。

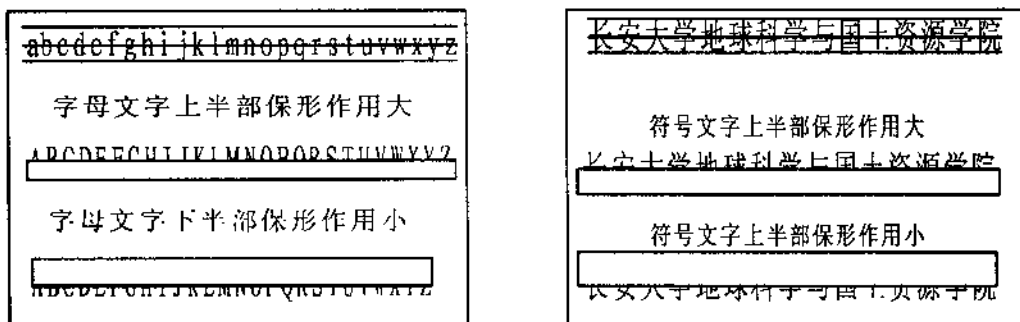


图 1.2 字母文字与符号文字上下部的保形比较

● 字基元特点对注记配置的影响

符号文字无基元概念,每个字是一个独立整体,呈方块结构,不论是正体还是变体,总可以找到对应的平行四边形字框;字母文字不是这样,作为一个独立的词是由若干个字母组成,而字母还存在上破字框字母(ascender)、下破字框字母(descender)与不破字框字母之分。英文上破字框字母总共有九个,它们分别为 b、d、f、h、i、j、k、l、t,下破字框字母总共有五个,它们分别为 g、j、p、q、y,不破字框字母共有 13 个,它们分别为 a、c、e、m、n、o、s、r、u、v、w、x、z,j 既是上破字框字母,也是下破字框字母。此种情况再加上名称注记首字母必须大写的特点,从而形成字内字母不等大的特点,也造成字母文字地图注记框的复杂性,而不像符号文字注记框是平行四边形。符号文字与字母文字字形在这些方面的差别使得候选注记位置的确定、候选注记位置优先性次序存在差别。

(1) 符号文字与字母文字对点状要素候选注记位置确定的影响

长条型多字母组合成一个整体字的字母文字最适合水平排列,但当水平排列无法配置注记时,这种文字无论如何无法采用多排或垂直字列来回避压盖情况;具有方块等大特点的符号文字对水平字列与垂直字列均具有较强的适应性与易读性,一般水平字列易读性比垂直字列好,但当水平排列无法配置注记时,符号文字能适应垂直字列,能提供多途径来回避在注记配置中出现的压盖情况。在欧美等采用字母文字的国家,点状要素注记候选位置一般有 10 个;我国地图制图界点状要素常用的注记位置有 8 个。目前,国内外地图制图界不少人主张使用更多候选注记位置,欧美采用 17 个,我国采用 8、10、18(18 方案有不少人反对)。这两种文字注记定位的主要差别在于符号文字注记具有按点状图形视觉中心对称分布形式,这出于其方块等大形体外形特征;字母文字注记具有按点状图形水平中心线、垂直中心线对称分布形式,原因在于字内字母存在上破字框字母与下破字框字母之分。符号文字注记位置的优先性以正右最好,字母文字以右上为最好,如图 1.3 所示。

(2) 符号文字与字母文字对线状要素候选注记位置确定的影响