

# 基于 WebGIS 的犯罪空间分析应用技术<sup>①</sup>

史婷婷<sup>1,2</sup>, 郝弗非<sup>3</sup>, 谭宁生<sup>1,2</sup>, 董鹏<sup>1</sup>, 范协裕<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院遥感应用研究所 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

<sup>2</sup>(中国科学院研究生院, 北京 100049)

<sup>3</sup>(天津市公安局信息通信处, 天津 300040)

**摘要:**通过对犯罪数据的分析, 结合相关犯罪理论, 总结和归纳了以犯罪热点分析、四色预警分析和串案轨迹分析为主的犯罪空间分析技术和模型, 利用地址匹配技术实现海量犯罪空间数据的可视化, 将地图分块切割分级显示技术即地图瓦片缓存(Tile Cache)技术和 Ajax 技术与 WebGIS 平台的强大功能结合起来, 提出并设计了基于浏览器/服务器(B/S, Browser/Server)模式的面向服务的犯罪空间分析系统的体系结构和功能模块, 并据此建立了某市犯罪分析系统。实践表明, 基于 WebGIS 的犯罪空间分析系统的建立为公安部门驾驭社会治安、打击犯罪提供了高效便捷的工具, 具有很好的实用性。

**关键词:** 犯罪空间分析; WebGIS; 地图缓存技术; 地址匹配

## Crime Space Analysis Application Technology Based on WebGIS

SHI Ting-Ting<sup>1,2</sup>, HAO Fu-Fei<sup>3</sup>, TAN Ning-Sheng<sup>1,2</sup>, DONG Peng<sup>1</sup>, FAN Xie-Yu<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(The State Key Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

<sup>2</sup>(Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

<sup>3</sup>(Information and Communications Department, Tianjin Public Security Bureau, Tianjin 300040, China)

**Abstract:** By analyzing crime spatial data and related criminal theories, we discuss some of classical or new technology and model of crime spatial analysis such as crime hot spot, four-color warning, and string of case analysis. Realize the case of business data visualization by using the address matching technology, and also combines the mapping cutting block and map classification display technology (Tile Cache) with Ajax technology and the powerful WebGIS platform. According to these researches, crime spatial analysis system based on B/S (Browser/Server) model was designed and established. It has been found that the system is an effective and practical tool for the public security department to control social order and fight against crime.

**Key words:** crime space analysis; WebGIS; tile cache; address matching

## 1 引言

由于警务工作的特殊性, 80%的信息都与地理信息相关<sup>[1]</sup>。而地理信息系统(GIS)具有数据管理、专题制图、空间查询和空间分析等功能, 因此在公安领域得到了广泛的应用。其中, 犯罪空间分析作为地理信息系统在公安领域最根本并且最灵活的应用之一, 能够对地理信息与案件信息、人口信息等其他公安业务信息进行综合分析, 以提供辅助决策。

20世纪80年代, 美国和英国等发达国家便开始尝试利用GIS进行犯罪分析方面的研究<sup>[2]</sup>。1997年美国国家司法研究所专门设立了一个犯罪制图研究中心(Crime Mapping Research Center, CMRC), CMRC的任务和作用是支持研究、评价、开发、推广GIS技术在执法机构中的应用, 并提供培训, 搜集和整理已经进行地理编码的犯罪数据文档, 并组织开发相关的犯罪分析软件。目前在美国, 人数超过100人的警察

① 基金项目: 科技支撑计划(2008BAH23B04); 国家高技术研究发展计划(863)(2012AA12A401)

收稿时间: 2011-12-05; 收到修改稿时间: 2012-01-14

局约有 70%，人数不到 100 人的警察局也有 40% 建立了犯罪分析系统应用于犯罪分析<sup>[3]</sup>。

在国内，公安部已经将警用地理信息系统建设列入“金盾工程”二期项目重点项目之一<sup>[4]</sup>。科技部“国家科技支撑计划 PGIS 项目”和“金盾二期”的支持，使得警用 GIS 得到空间的发展。然而，警用 GIS 偏向于在应急指挥应用方向上的系统建设，在犯罪分析系统方面发展缓慢<sup>[5]</sup>，并且传统单机或 C/S 模式的犯罪分析系统，由于其成本高、技术难度大，往往成了少数专业人士的专业工具，推广难度大，在犯罪信息分发共享方面也稍嫌不足。WebGIS 技术的发展不仅给更多的用户提供了使用 GIS 的机会，而且警察部门还可以通过将一部分不是很敏感的犯罪数据发布到网上，促进犯罪预防和侦破工作。

WebGIS 是 Internet 技术与 GIS 相结合的产物，从 WWW 的任意一个节点，用户通过浏览器就可以进行地理空间信息的浏览、查询、时空分析等常规 GIS 操作<sup>[6]</sup>。基于 WebGIS 技术的 B/S 模式的犯罪空间分析系统，不仅可以降低警员使用系统的操作难度，迅速地将相关犯罪分析结果传到相关部门，还可以将部分分析结果或数据向公众提供，如该地区抢劫案发生的分布图，以增加公众的自我防范意识，有效防范犯罪的发生。下面将从犯罪空间分析的主要技术和模型为切入点，来逐步研究并建立基于 WebGIS 的犯罪空间分析应用系统。

## 1 犯罪空间分析主要技术与模型

犯罪分析的过程需要通过搜集犯罪数据，分析犯罪数据，从而理解犯罪信息，发现犯罪模式，预测犯罪趋势。下面就从犯罪空间分析所依赖的数据，犯罪空间分析模型以及犯罪空间分析相关技术三方面进行一一讨论和研究。

### 1.1 犯罪空间分析主要依赖的数据

犯罪信息数据作为犯罪空间分析的基础在很大程度上决定了犯罪空间分析系统所提供的信息和实现的功能。犯罪信息数据即案件信息数据包括案件空间数据和案件属性数据，其中，案件空间数据又包含基础地理数据即通常所说的背景数据，以及案件信息专题数据。基础地理数据主要包括行政区、居民地、植被、水系、道路和地貌等，案件信息专题数据包括了带有空间坐标的案件信息图层；案件属性数据则主要包括

案件基本信息、案件类别、案件主要特征、作案工具、作案手段、选择对象、选择处所、选择时机等。案件信息数据构成如图 1 所示。

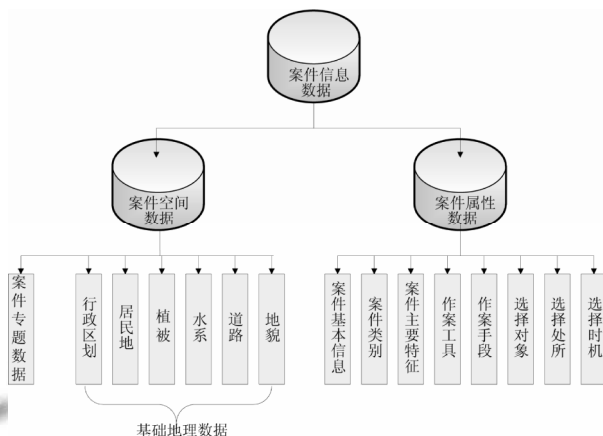


图 1 案件信息数据构成

以上这些海量的犯罪数据必然要涉及到数据的存储管理方式。其中，案件空间数据交由空间数据引擎与对象-关系型数据库共同管理。其中，对象-关系型数据库可以是 Oracle Spatial、Postgis、SQL Server 等。

通过空间数据引擎和对象-关系型数据库管理系统协作的方式存储管理犯罪空间数据，这样可以在 GIS 平台和关系型数据库之间搭建一条数据链路。用户可以通过空间数据引擎将自身的数据提交给关系型数据库管理系统，由数据库管理系统统一管理；同样，用户也可以通过空间数据引擎从关系型数据库管理系统中获取 GIS 数据，并转化为用户可以使用的数据格式。

案件属性数据不包含空间信息，可以以关系表的形式直接存储在关系型数据库中，如 Oracle、SQL Server、PostgreSQL 等。

### 1.2 犯罪空间分析主要模型

空间分析是为了解决地理空间问题而进行的数据分析与数据挖掘，是从 GIS 目标之间的空间关系中获取派生的信息和新的知识的过程<sup>[7]</sup>。空间分析在犯罪业务中的应用是犯罪分析系统最大的特点。根据国内外在 GIS 犯罪分析方面的相关研究资料，总结归纳出四色预警、犯罪热点和串案轨迹三种主要的犯罪空间分析模型。

#### 1.2.1 四色预警分析

根据辖区的案发数将辖区治安情况分为“良好”、“平稳”、“警示”、“整治”四个等级，采用分层着色的

方式,用“绿色”、“黄色”、“橙色”、“红色”显示各辖区的预警等级,从而直观地反映出各个单位的治安状况和防控效果,指导各单位将警力投放到案件高发地段和防范薄弱时段,提高警力效能和警情研判能力。

### 1.2.2 犯罪热点分析

犯罪热点是指在一定时期内那些犯罪现象高度集中的地方。根据犯罪信息点的分布方式,已有几个算法可以用来计算出高案发区域。目前使用的比较多的是 Spatial and Temporal Analysis of Crime(STAC)或基于网格的点密度计算法等。“热点”一旦确定,该区域就可定为近期巡逻活动的重点目标。从而,可以对处于该“热点”地区范围内的社区的特征进行研究,找出其成为犯罪“热点”的原因,并采取相应的对策,进行警务干预<sup>[8]</sup>。

### 1.2.3 串案轨迹分析

串案轨迹分析模型可以将具有相同或者相似特征的案件聚到一起,按照时间发生的先后次序实现犯罪人员的流窜轨迹连线,达到轨迹展现的目的,同时,实现轨迹的动态播放推演。对若干有内在联系的不同案件进行串案分析,从中发现共同规律特点,变个案侦查为串案侦查,使侦查工作效益最大化。

## 1.3 犯罪空间分析主要技术

### 1.3.1 空间数据库技术

犯罪空间分析的研究对象是犯罪空间数据,因此空间数据库技术就成为犯罪空间分析系统的一个重要技术之一。空间数据库技术用关系数据库管理系统(RDBMS)来管理空间数据,主要解决存储在关系数据库中的空间数据与应用程序之间的数据接口问题,即空间数据库引擎(Spatial Database Engine)。更确切地说,空间数据库技术是解决空间数据对象中几何属性在关系数据库中的存取问题,其主要任务是:1)用关系数据库存储管理空间数据;2)从数据库中读取空间数据,并转换为GIS应用程序能够接受和使用的格式;3)将GIS应用程序中的空间数据导入数据库,交给关系数据库管理。因此空间数据库技术是空间数据进出关系数据库的通道<sup>[9]</sup>。

### 1.3.2 地址匹配技术

目前公安行业已经建立大量的数据库如常住人口数据库、重点人口数据库、110警情数据库等。GIS犯罪空间分析必须和这些数据进行有效的结合,才能实现业务信息基于地理信息的可视化分析。利用地址匹

配技术来实现业务数据自动地图定位,是解决业务数据可视化的重要手段。

地址匹配是指在地理描述信息中加入地址属性,从而通过输入一个地名地址就可以确定一个空间位置,即为空间地址数据增加一个空间坐标(经纬度坐标)的过程,以便在地图上准确地定位地理实体的相应位置<sup>[10]</sup>。

地址匹配的基本过程通常包括地址标准化和数据库匹配。如图2所示。

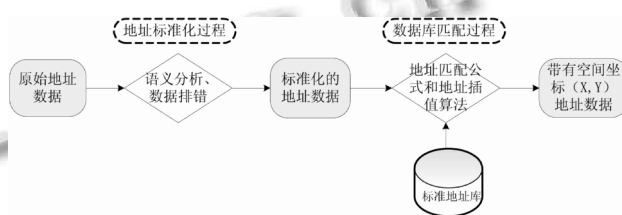


图2 地址匹配基本过程

(1) 地址标准化:要将原始的、不规范地址数据进行语义分析、数据排错等标准化处理。将街道地址处理成一种常用的格式,并纠正街道和地址名称的拼写形式等。

(2) 数据库匹配:对已经标准化的地址数据,通过地址匹配公式和地址插值算法与标准地址库中的地址记录进行比对。如果比对成功,则返回与其相匹配的标准地址的空间坐标值。

地址匹配的目标是为任何输入的地址数据返回最准确的匹配结果<sup>[11]</sup>。起初,先在街道级别的地址范围内进行精确匹配,如果没有找到匹配的地址,则会在上一级的地址范围内进行搜索,直到找到匹配结果为止。然后,完成匹配的地址数据被赋予了空间坐标,因此,能够在地图上表示出此地址数据所代表的空间位置。

### 1.3.3 地图缓存技术

在构建WebGIS犯罪空间分析系统时,一个很重要的方面便是地图浏览的性能问题。传统的WebGIS生成地图的运算一般都是在运行时动态实现的,即用户每做一次缩放或漫游操作,服务器都会动态生成整幅地图影像并传输到客户端,这将消耗大量的服务器资源和时间,而地图服务缓存机制可以通过建立静态影像缓存,显著改进访问地图服务的速度,并有效减轻WebGIS服务器的负担。

所谓的地图缓存技术就是按照一定的数学规则，把地图切成一定规格的图片保存到计算机硬盘里，当用户通过客户端浏览器访问地图服务时，服务器直接返回当前地图坐标区域对应的切片，从而达到降低服务器负担、提升地图浏览速度的效果<sup>[12]</sup>。

目前，针对该技术，已经有几个在一定范围内得到使用的类似规范，包括地理空间开源社区 OSGeo 提出的 Tile Map Service Specification (TMS)、来源于 OSGeo Wiki 的 Web Mapping Service-Cached(WMS-C) 和 OGC 提出的 Web Map Tile Service (WMTS)<sup>[13]</sup>。

## 2 基于WebGIS的犯罪空间分析应用系统设计

犯罪空间分析系统的目标是分析犯罪空间数据，融合犯罪空间分析模型，利用犯罪空间分析相关技术为公安机关提供犯罪分析服务，建立在全国范围通用的满足实战要求的 GIS 犯罪分析系统。基于 Web 框架结合 GIS 软件进行 WebGIS 站点的建设既可以充分利用 GIS 软件的空间信息处理能力，又为非空间业务逻辑的实现提供了有效的处理手段，因此，本文设计并构建了一个基于 WebGIS 的犯罪空间分析应用系统。下面将从系统架构和系统功能设计两方面分别进行介绍。

### 2.1 系统架构

系统采用 B/S 架构模式，分为三层架构，即客户层、服务层和数据层，其架构图如图 3 所示。

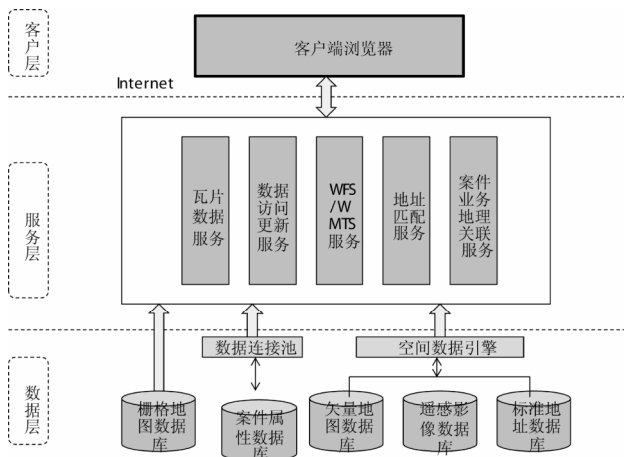


图 3 系统架构图

客户层也即客户端，由浏览器以及加载到客户端的 Ajax 引擎组成，主要负责数据显示以及用户与系统的交互，负责用户请求的接收和服务器端反馈信息的

展示。

服务层包括瓦片数据服务、数据访问更新服务、WFS/WMTS 服务、地址匹配服务、案件业务地理关联服务。其中，瓦片数据服务 (Tile Data Service) 用于分发数据，通过客户端的请求，根据一定的分割算法将请求区域实时进行分块切割并根据请求设置显示级别，然后由客户端将这些分块图片无缝地拼接在一起，显示为整幅地图。数据访问更新服务能够对空间数据库的空间查询、分析以及更新操作。WFS/WMTS 服务支持 OGC (开放地理信息系统协会) 指定的 WFS (Web Feature Service) /WMTS 服务接口规范，WFS 服务提供基于矢量数据的空间数据增、删、改、查服务；WMTS 提供地图缓存技术服务，通过将地图设定为多个比例尺，对每个比例尺提前将地图分成若干图块，存在服务器上，客户端访问时直接获取需要的图块并拼接成地图，极大地提升了地图的请求速度。地址匹配服务能够在标准地址库的基础上，为案件业务应用提供地址匹配、快速定位和位置查询的功能。案件业务地理关联服务主要基于“人、事、物、地、组织”公安五要素关联模型和规则，提供围绕地理图层的关联信息查询、统计和展现功能。

数据层由栅格地图数据库、案件属性数据库、矢量地图数据库、遥感影像数据库和标准地址数据库组成。数据库采用关系型数据库管理，空间数据库引擎提供数据库与 GIS 系统的接口，通过空间数据库引擎提供的接口，可以操作存储在数据库中的空间数据；属性数据的存储和访问操作则通过 Java 数据库连接来实现。

### 2.2 系统功能设计

犯罪分析系统的目的是将不同类型的犯罪信息在电子地图上进行定位和管理，帮助警务人员分析犯罪数据，理解犯罪信息，发现犯罪模式，掌握犯罪事件多发地区的发展变化规律及其原因，制定相关的防范策略，并对犯罪进行预测，从而提高办案效率，打击犯罪。

根据这些特点以及前文研究的犯罪空间分析模型，本文有针对性地设计了基本功能、综合查询、案件统计分析、四色预警、串案轨迹等功能模块，以满足公安分析犯罪业务的需求。系统模块功能如图 4 所示下：

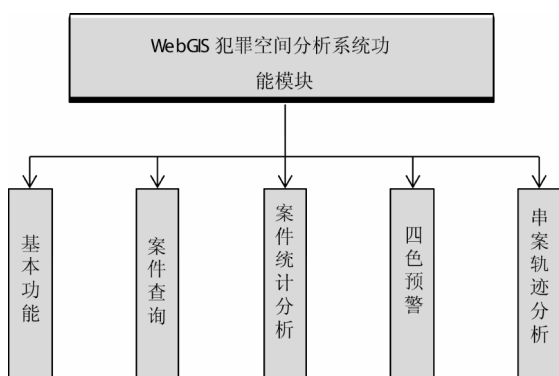


图4 系统功能模块

### (1) 地图操作

系统提供放大、缩小、漫游地图、矢量影像地图切换、完整地图显示等基本功能，并提供测距、测面积等测算功能和快速定位、经纬度定位等定位功能。

### (2) 案件查询

案件信息查询是犯罪分析系统所特有的一个基本功能，能够实现案件信息的各种组合查询，并将查询结果根据案发地点在地图上显示出来。由于几乎所有的案件都包含地址信息，利用案件查询可以将案件定位到空间位置上，这也是进行犯罪空间分析的基础。该模块提供了三种查询方式：属性查询、空间查询和地址查询。

属性查询在用户指定辖区后，根据案发时间段、案件类别、案件主要特征、作案手段、作案工具等属性条件进行任意组合的查询，然后将查询结果全部定位在地图上展示。

空间查询会将符合查询条件的并且在用户鼠标描绘出的区域内的案件信息进行定位显示。

地址查询则根据用户输入的街道的地址来查询发生在该街道上的所有案件属性信息和空间信息，并将查询结果在地图上定位显示。

### (3) 案件统计分析

实现多发性案件按发案区域(分局或派出所辖区)、按案件类型以及按时间段的数量统计和空间分布分析，方便用户直观地分析出各类案件在重点时段、重点地段的空间发案规律和分布情况。

### (4) 四色预警

采用分层着色的方式，用绿色、黄色、橙色和红色在地图上显示警情信息等级，并生成警情等级的统计分析图表。

### (5) 串案轨迹分析

用户可以输入一系列案件的案件编号，系统对接收到的顺序轨迹点进行分析，解析出需要查询的图层名称和相关字段，在地图上定位，绘制出轨迹。根据形成的轨迹路线，实现播放、暂停、停止功能，并可以设置播放路线的样式，以动画的方式进行轨迹的推演。通过轨迹展现，可以在地图上直观地查看一系列案件在特定时间内的活动路线，为公安侦破案件及进一步分析提供数据支撑。

## 3 应用实例

基于以上对犯罪信息数据、犯罪分析主要模型和技术的分析研究，以及基于 WebGIS 犯罪空间分析系统的整体架构和功能模块的设计思想，本文实现了某市犯罪分析系统作为开发实例。系统以 WebGIS 为核心技术，以电子地图为信息载体，利用空间数据库 PostGIS 统一存储和管理犯罪空间数据，整个系统采用 B/S 体系结构进行设计和开发。

系统的开发依赖于一定的软硬件平台。其中，操作系统软件为 Windows XP，集成开发环境采用 Spring2.5、Struts2.2、Hibernate3.3 (SSH) 搭建 J2EE 平台，开发工具为 Eclipse3.5，开发语言选择 Java；Web 服务器采用 Tomcat6.0，应用服务器采用 Apache2+Tomcat6.0，地图服务器采用 GeoServer；数据库采用 PostgreSQL；浏览器端采用 Internet Explorer6.0。系统硬件采用 PC 计算机(CPU Intel(R) Core (TM) 2 Duo CPU T6400@ 2GHz，内存 2GB，硬盘 250GB) 作为网络服务器。

系统具有地图基本操作、地图空间定位等功能，还具有犯罪空间分析所特有的功能如四色预警、串案轨迹分析等。下面就针对四色预警和串案轨迹分析功能进行详细说明。

通过四色预警分析，可以直观地看出某市的一个分局辖区内各个派出所辖区的案件情况。对该市某个分局的 11 个派出所，从 2011 年 1 月到 2011 年 10 月的入室盗窃案进行四色预警分析，其结果如图 5 所示。从图中可以直观地看出，案件数在 50 以下属于良好的派出所辖区有五个，案件数在 50~100 属于平稳的派出所辖区有三个，案件数在 100~200 属于警示的派出所辖区有两个，而案件数在 200 以上需要整治的派出所辖区有一个。从整个分局辖区可以看出，大部分区域

处于良好和平稳状态，只有少部分区域已经在警示和整治状态，需要在这些区域加强警力的部署和治安的整治。根据这个分析结果，可以看出各个辖区内的治安情况比较好，对以后的警力部署工作和辅助决策有着举足轻重的作用。

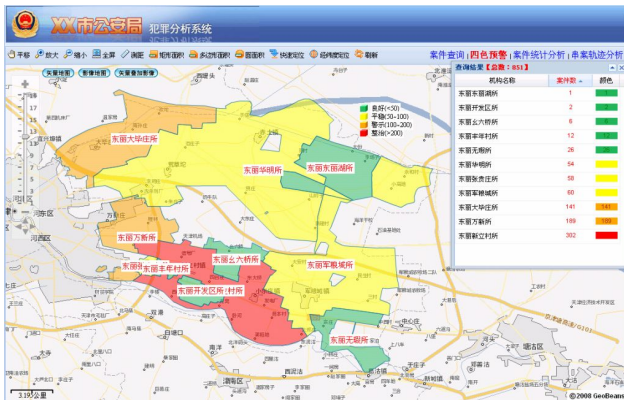


图 5 四色预警效果图

图 6 是串案轨迹分析的运行效果展示图。通过这种可视化的轨迹分析，可以很直观地看出该犯罪人员在特定时间段内的活动范围和路线，便于警情监测和分析，有助于公安人员对案件的快速侦破。



图 6 串案轨迹分析

#### 4 结论

本文研究分析了犯罪空间分析的主要模型和技术，设计了基于 WebGIS 的犯罪空间分析系统的架构和功能模块，并开发实现了某市犯罪分析系统。实践表明，基于 WebGIS 建立的犯罪空间分析系统在犯罪

分析领域是一种行之有效的解决方案，为警情分析和辅助决策做出了重要贡献。

然而，由于犯罪活动的多区域性，各地公安机关在实战中，经常需要开展多级联动、跨区域协同配合、整体作战，在一张全国地图上开展警务活动，使得犯罪空间信息技术不仅趋向于网络化，而且向着分布式及联机计算的方向发展。而全国的犯罪数据来自不同的数据库，如何实现分布式犯罪地理空间信息的集成和全国联网查询与分析，为公安部门日常工作和高层辅助决策提供一套完善专业的工具，是今后值得深入研究的问题。

#### 参考文献

- 1 曾文.公安地理信息系统的设计与实现.计算机工程与设计,2004,3(3):25.
- 2 美国司法研究所网站.http://www.ojp.usdoj.gov/.
- 3 杨毅.地理信息系统在犯罪分析及辅助决策中的应用研究.成都:四川大学,2005.
- 4 吴昊.警用地理信息系统数据采集及数据库建设.甘肃科技,2011.
- 5 王超,赵文吉,周大良.基于 GIS 的犯罪分析系统研究与设计,2010.
- 6 高亭.基于 WebGIS 的警用地理信息系统的设计与实现.西安电子科技大学,2010.
- 7 周旭,杨万春.基于 GIS 的犯罪分析系统关键技术探讨.硅谷,2009.
- 8 贺日兴.国外警用地理信息技术发展历史、现状与趋势(二).警察技术,2005.
- 9 潘瑜春,钟耳顺,梁军.基于空间数据库技术的地籍管理系统研究.地理研究,2003.
- 10 江洲,李琦.地理编码的应用研究.地理与地理信息科学,2003.
- 11 胡青,徐建华,王志海.GIS 数据库中地址自动匹配方法研究.测绘与空间地理信息,2008.
- 12 高志敏.WebGIS 中若干关键技术研究.杭州:浙江工商大学,2011.
- 13 周旭.OpenGIS 网络地图分块服务实现标准(WMTS)分析.地理信息世界,2011.