

# 基于 GIS 的城市犯罪时空分布特征研究\*

——以两轮机动车失窃案件为例

朱瑞<sup>①</sup>，汤国安<sup>①②</sup>，房彩申<sup>①</sup>，吴文博<sup>①</sup>，王丹妮<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>南京师范大学地理科学学院，南京 210046；<sup>②</sup>南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室，南京 210046)

**【摘要】**对犯罪时空分布分析与制图可以为相关部门提供多方面的决策支持，有效地进行犯罪防控，有助于引导市民的日常生活。本文以两轮机动车盗窃案件的时空统计数据为基础，通过构建时空一体化模型，研究了该类案件在城市的时空分布及其变化特征。实验结果很好地模拟了实际的案发时空变化，对于研究该类随机分布的突发事件具有重要的意义。

**【关键词】**GIS；犯罪；时空分布

## 1 引言

早在上世纪 80 年代，国外学者就进行了犯罪制图(Crime Mapping)、犯罪预测制图(Predictive Mapping of Crime)等方面的研究，开发了犯罪分析信息系统，进行了基于 GIS 的犯罪时空预测与分析研究<sup>[1-4]</sup>，取得了重要的研究进展。我国在各方面的研究起步较晚，刘小娟、韦立华等人从地理建模的角度，各自进行了犯罪的计量和推测<sup>[5-6]</sup>；金光使用数据挖掘技术，建立了犯罪风险预测模型<sup>[7]</sup>；李其富通过概率统计进行了相关预测<sup>[8]</sup>。但是他们的研究都将时间与空间割裂开来，而本文以某城市两年的两轮机动车失窃案件统计数据为依据，基于 GIS 空间分析方法，通过构建时空一体化分析模型，研究了研究区两轮机动车失窃案件的时空分异特征。

## 2 实验基础

### 2.1 实验数据

以江苏省中部某市(老城区)2006和2007两年的两轮机动车(电瓶车及摩托车)失窃案件时空统计数据为基本实验数据。每个案件都详细记录有案发时间(以报案时间为准)、案发地点、案发类型三个与本研究密切相关的属性信息。据此，通过对每一个案件数据项在1:1000比例尺城市街区地图上进行了标绘，完成了研究必须的前期工作。标绘内容包括(1)地理基础要素层面包括：交通线、银行、商场、饭店、学校、超市、网吧、医院和派出所；(2)专题要素包括：案发地点、案发时间、



图1 案发空间分布图(局部放大图)

**项目基金：**国家自然科学基金项目(40771075)

**收稿日期：**2009-10-\*\*

**作者简介：**朱瑞(1985-)，男，江苏镇江人，南京师范大学地理科学学院在读学生，主要从事GIS空间分析研究。E-mail: 911zhurui@163.com

案件类型，如图1所示。

表 1 2006-2007 两年各月案发量统计表

	Jan	Feb	Mar	May	Apr	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2006	13	12	17	30	31	32	27	28	20	44	47	36
2007	25	20	33	28	20	14	43	50	54	39	29	31

## 2.2 分析方法

### 2.2.1 时间统计分析

将时间统计量与每个评价单元内的危险度统计量相结合，以得到该类案件的时空分布特征，实验思路如图 2 所示。

基于不同时间跨度的直方图不仅可以描述出基于时间的犯罪行为变化，同时可以为基于时间分布的犯罪制图提供有效帮助<sup>[9]</sup>。本实验通过近年数据，以“月”为单位，统计出每个月的平均案发量（Mean of Monthly Crime Statistic）：

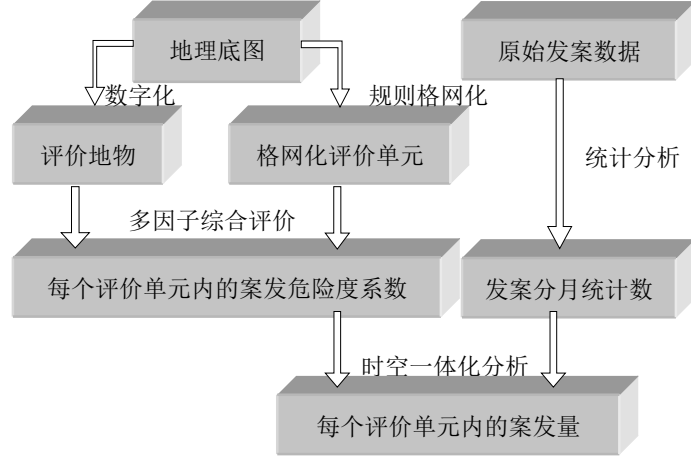


图 2 分析方法流程

$$MMCS(t) = \frac{\sum sum(t)}{n} \quad (1)$$

式中  $n$  为统计年数（本研究为 2006 和 2007 两年， $n=2$ ）， $t$  为月份（ $t=1, 2, \dots, 12$ ）。

### 2.2.2 空间统计分析

通过“模糊集合综合评价法”进行空间分布特征的发掘<sup>[10]</sup>。对某一类对象（两轮机动车失窃）进行等级评定，有  $n$  个评价因子  $F_1, F_2, \dots, F_n$ ，每一个评价因子都有一个离散化的状态集，记为  $V_1, V_2, \dots, V_k$ ，其中评价等级  $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{im}\} (i=1, 2, \dots, k)$ 。值得注意的是， $V_{ij}$  可以是按照要求取的定量或者定性指标。评价等级，就是要区分在评价单元内案发可能性的强弱程度。但是，这种“强”、“弱”具有一定的模糊性。因此，它是论域上的一个 Fuzzy 子集，记为：

$$P = \sum_{i=1}^p F_i \quad (2)$$

在  $m \times n$  的规则格网化研究区内，对第  $i$  行、第  $j$  列的独立评价单元设置权重  $W_{ij}$ ，则该评价单元内的案发危险度系数为：

$$P_{ij} = W_{ij} \times \sum_{i=1}^p F_i \quad (3)$$

### 2.2.3 时空一体化分析

第  $t$  个月的平均案发量  $MMCS(t)$  是对整个研究区域的统计。而空间分布模型则是模拟出在某一时间段内、整个研究区域中、某类犯罪的空间分布情况。具体的表现形式就是第  $i$  行、第  $j$  列评价单元内案发危险系数  $P_{ij}$ 。由此， $P_{ij}$  占整个研究区域内案发危险度系数之和的比重为：

$$R_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{1,1}^{m,n} P_{ij}} \quad (4)$$

由此就得到在第 i 行、第 j 列的评价单元内，该类案件在第 t 月中案件发生数目即为：

$$CaseNumber(t)_{ij} = MMCS(t) \times R_{ij} \quad (5)$$

## 2.3 分析指标

### 2.3.1 综合评价指标

通过空间分析可以得出，两轮机动车失窃的案发地点主要沿城市街道两侧分布，且主要集中于城市主干道和商业集中区。这些区域内的城市建筑物的特定功能，一方面造成了人员复杂，人员流动性大；另一方面使得车辆长时间集中停留于建筑物附近，且处于无人看管状态。与熟悉情况的当地警方共同探讨分析后，选取了与案发相关性较高的地物：饭店、超市、网吧、银行、医院、商场和道路。同时，由于派出所所在一定范围，对该类案件的案发有强烈抑制作用，也被列为重要的评价地物。

高档饭店周围的停车多为轿车，而非两轮机动车，且都有专门人员负责看管。低档的餐馆门口的停车多在消费者视线以内，且就餐时间短。而对于中档饭店，前去就餐的消费者多数持有两轮机动车，饭店缺少对车辆的监管，且就餐时间长。根据以上认识，通过和相关专业人员共同研究、探讨，并听取专家意见，通过不断实验，得到了不同类型饭店的打分标准。通过以上方法，得到了如表 2 所示的打分标准。

表 2 与案发相关的地理地物得分

案发相关地理地物	因子得分(一个评价单位)
商场 (F1)	2 分
网吧 (F2)	2 分
医院 (F3)	2 分；分院 1 分
银行 (F4)	1 分；ATM 机 0 分
超市 (F5)	大中型超市 3 分；小型超市 1 分
饭店 (F6)	高档饭店 1 分；中档饭店 3 分；低档饭店 1 分
交通线 (F7)	双向 4 车道 1 分；双向 2 车道 1 分；单行道 1 分
派出所 (F8)	-1 分

通过缓冲区分析可知，车辆失窃地点明显道路两侧分布，并且道路的类型在很大程度上决定了两轮机动车停留的时间长短和空间分布。在本研究所使用的比例尺尺度下，没有道路的评价单元内，几乎没有车辆的停留；高速主干道两侧，很少有机动车停留；市区主干道两侧，机动车失窃明显偏多；步行街的两侧，两轮机动车则长时间聚集停留。根据这一理论，经过多次试验，得到了如表 3 所示的权重设置。设高速行车道的权重为  $W_1$ ，市区主干道的权重为  $W_2$ ，步行街的权重为  $W_3$ ，则第 i 行、第 j 列的评价单元内的权重为：

$$W_{ij} = W_1 + W_2 + W_3 \quad (6)$$

表 3 以不同道路类型作为打分模型的权重

评价单元内道路类型	无道路	高速行车道	市区主干道	步行街
权重	0	0.15	0.35	0.5

### 2.3.2 精确度评价指标

用检查点法对案件空间分布模拟结果的精度进行评定<sup>[11-14]</sup>。根据图3所示，A代表独立评价单元内案发数量的实际统计值；B代表相同空间位置上、用本文提供方法计算出的案发量估计值；C代表A值减去B值。由于规格格网化的评价单元均匀分布于整个研究区域，可以全

面客观地评价模拟精度。设图3中检查点C的值为 $C_{ij}$ ，则可对整个研究区域，可以计算中误差：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{i \times j - 1} \sum_{i,j} (A_{ij} - B_{ij})^2} \quad (7)$$

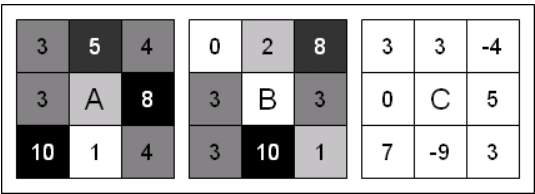


图3 叠置分析 (A-B=C) 示意图

### 3 实验结果与分析

在进行案发的空间分布模拟时，考虑到统计格网的尺度效应对模拟结果的影响，进行了不同尺度下的模拟实验，实验结果如图4所示。中误差随着统计格网尺度的增大而增大，并且呈现出明显的线性趋势。通过对比分析，选用评价单元总数为 $16 \times 16$ 的作为最终模拟结果。由于文章篇幅的限制，本文只抽取实验结果中10月份的案发空间分布统计结果（图5）和10月份的案发空间分布模拟结果（图6）进行对比分析。

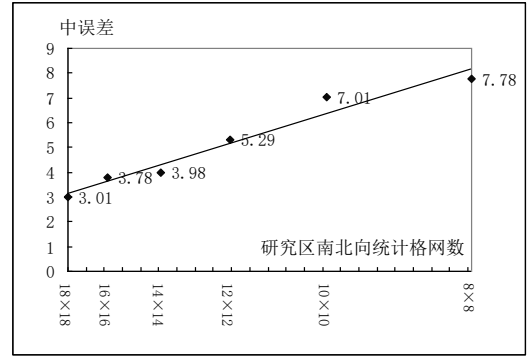


图4 案发空间分布模拟的中误差统计

从空间角度看，由于只要评价单元内具有道路，根据上述模拟理论，该评价单元内就存在一定的案发理论值；在案发总量一定的情况下，就在一定程度上降低了案发现点地区的案发量。在用中误差进行评价时，案发现点地区的统计值与模拟值的差值是误差的最主要来源。同时，当统计格网越大时，案发现点地区的模拟值和统计值的差值越大，而整个研究区内的统计格网数越小，中误差越大。由此，中误差可以很好地评价热点地区的模拟效果。

综合模拟结果与分析，两轮机动车失窃的案发地点，明显沿道路两侧分布，并有明显的空间聚集性。道路类型在很大程度上决定了两轮机动车的停放区域和停放时间。商场、网吧、饭店等这些地物的服务性功能，在决定它们更倾向于坐落在商业街道两侧的同时，也主导了市民的消费行为。这就最终导致了两轮机动车长时间无人看管的集中停放；也决定了伴有明显的案发现点地区的空间分布特征。实验结果较好地模拟了案发的空间分布特征，突出了案发现点地区。

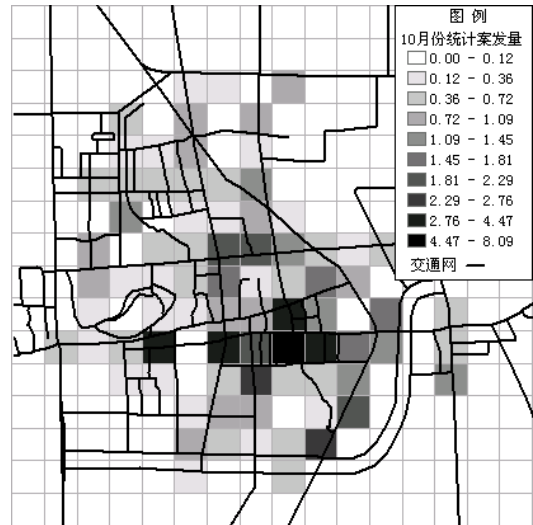


图5 基于案发统计数据的案发空间分布表达

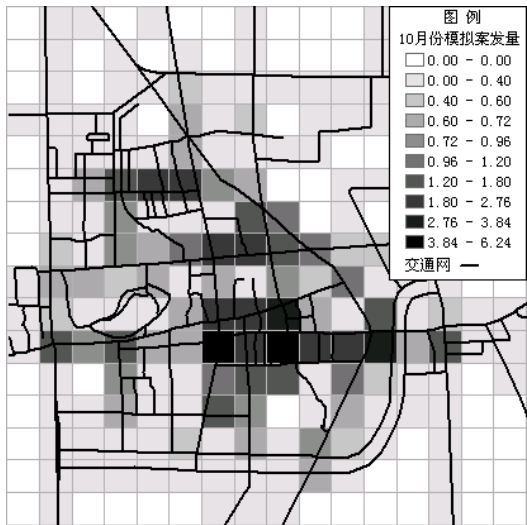


图6 基于案发预测模拟的案发空间分布表达

从横向纵贯时间角度看,该类案件存在着明显的时间分布特征。每年春节期间,该类案件的案发量骤然降低至全年最低点。而春节至初夏的时间段内,案件的案发量则逐步升高,并在夏季维持在一个相对较高的水平。秋季,该类案件的案发量继续持续走高,并在10月达到了极大值。同时,每年年底期间,也是案发的高峰时段。

## 4 结论与讨论

本文通过研究具有点源特征的城市两轮机动车盗窃案件数据,将时间和空间相结合,构建了时空分析模型。实验结果表明,城市相关小区的社会功能决定了案发热点地区,即具有空间聚集性;案发的时间分布反映出了活动的季节性行为特征。该研究可望在为时空一体化的犯罪预测提供方法借鉴。

### 参考文献

- [1] Tony H. Grubestic, Elizabeth A. Mack. Spatio-Temporal Interaction of Urban Crime[J]. J Quant Criminol, 2008, 24:285-306.
- [2] Jerry H. Ratcliffe. Crime Mapping and the Training Needs of Law Enforcement[J]. European Journal on Criminal Policy and Research 2004,10: 65-83.
- [3] Donald Faggiani, Colleen McLaughlin. Using National Incident-Based Reporting System Data for Strategic Crime Analysis[J]. Journal of Quantitative Criminology, 1999,15(2):181-191.
- [4] David Weisburd, Wim Bernasco, Gerben J.N. Bruinsma. Putting Crime in its Place[M]. 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA: Springer Science+Business Media, LLC, 2008.171-198.
- [5] 刘小娟,高连生.灰色系统理论在犯罪动态预测中的应用[J].中国人民公安大学学报,2005,1:44-48.
- [6] 韦立华,朱德林.犯罪预测动态回归分析方法[J].江苏警官学院学报,2004,19(2):24-27.
- [7] 金光,钱家麒,钱江波,黄蔚民.基于数据挖掘决策树的犯罪风险预测模型[J].计算机工程,2003,29(9):183-185.
- [8] 李其富.最优组合预测方法及其在犯罪预测中的应用[J].四川省公安管理干部学院学报,1999,1:26-27.
- [9] Spencer Chainey, Jerry Ratcliffe. GIS and Crime Mapping[M]. Great Britain: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. 235-240.
- [10] 辜寄蓉,范晓,彭东.九寨沟地质灾害预测的空间分析模型[J].中国地质,2002,29(1):109-112.
- [11] 汤国安,刘学军,闫国年.数字高程模型及地学分析的原理和方法[M].北京:科学出版社,2005.192.
- [12] 王远飞,何洪林.空间数据分析方法[M].北京:科学出版社,2007.66.
- [13] 舒宁,马洪超,孙和利.模式识别的理论与方法[M].武汉:武汉大学出版社,2004.6-8.
- [14] 黎夏,刘凯.GIS与空间分析——原理与方法[M].北京:科学出版社,2006.92-94.

## GIS Based Investigation On The Spatio-Temporal Distribution Pattern Of Crime Cases In Urban Areas

——Taking Two-wheeled Motor Stolen Cases as an Example

**Abstract:** Spatial analysis and cartography of crime cases could effectively prevent and control crimes by means of providing a wide range of decision support for relevant departments and help to guide people's daily behavior. On the basis of motor vehicle theft statistical data, the essay studied the characters of temporal distribution and its variation by building an integrated spatio-temporal analysis model. The study of random distribution of such emergencies is of great significance when the experimental results well simulated the actual spatio-temporal distribution of the crime.

**Key Words:** GIS; Crime; Spatio-temporal Distribution

ZHU Rui<sup>①</sup>, TANG Guo-an<sup>①②</sup>, WU Wen-bo<sup>①</sup>, FANG Cai-shen<sup>①</sup>, WANG Dan-ni<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; <sup>②</sup>Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)