

入室盗窃多尺度地理因子分析

王增利^{1,2,3}, 刘学军^{2,3,4}, 陆 娟⁵

(1. 南京林业大学土木工程学院, 南京 210037; 2. 南京师范大学虚拟地理环境教育部

重点实验室, 南京 210046; 3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210046;

4. 警用地理信息技术公安部重点实验室, 南京 210046; 5. 南京市公安局科技信息化处, 南京 210005)

摘要: 选取N市作为研究区域, 以该市2013年全年的入室盗窃案件作为研究对象。将研究区域内入室盗窃与地理因子在不同空间尺度上进行关联性对比分析。首先, 从环境犯罪学理论和现有犯罪地理特征研究两方面出发, 分析现有研究中的尺度依赖性。每一套环境犯罪学理论均有其适用的空间尺度, 在犯罪地理特征研究中会有相应的地理因子与之关联; 其次, 引入似不相关回归模型获取入室盗窃与地理因子在小区、街区、社区、街道以及区等多个空间尺度上的关联性。并用瓦尔德检验来测试各个关联系数之间差异的显著性。实验结果表明, 随着尺度的变化, 有些地理因子与入室盗窃的关联性并未变化, 有些则发生了显著变化。这些变化可用不同尺度的犯罪地理学理论进行解释; 最后, 将多个尺度地理因子反演入室盗窃空间分布的结果进行综合, 并将之与单一尺度的反演结果进行比较。结果证明, 与单一尺度的地理因子反演犯罪空间分布的精度相比, 利用多个尺度地理因子解释犯罪空间分布的精度更高。研究表明: 在犯罪地理学研究中, 环境犯罪学理论、地理因子分析以及犯罪空间分布反演均存在尺度依赖性。综合多个尺度的结果进行分析, 不仅有利于准确认识犯罪的地理因子及其对应理论, 对于犯罪反演精度也有所提高。

关键词: 环境犯罪学; 多尺度; 入室盗窃; 地理因子; 反演精度

DOI: 10.11821/dlxb201702012

1 环境犯罪学理论与尺度

犯罪学领域中犯罪与区域环境不同社会特征之间的关系早在19世纪就引起了Guerry等法国学者的关注^[1]。20世纪, 美国芝加哥大学的社会学者McKay等针对芝加哥城市犯罪区位特征进行研究, 并深入分析了环境特征与犯罪率的关系^[2]。这些研究试图从城市、社区的角度, 通过分析区域内的统计调查数据以分析犯罪与环境特征之间的关系, 因而可以称为宏观的研究。近年来, 犯罪学者对于犯罪与空间环境的关系多从微观角度出发展开研究。如针对房屋、监控、宾馆等特殊地点进行分析, 为城市和房屋的规划设计提

收稿日期: 2016-12-05; 修订日期: 2016-12-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501488); 江苏省测绘地理信息科研项目(JSCHKY201602); 国家十二五科技支撑计划项目(012BAH35B02); 南京林业大学青年科技创新基金(CX2015007); 警用地理信息技术公安部重点实验室开放课题(2016LPGIT06) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41501488; Surveying and Mapping Geographic Information Scientific Research Project in Jiangsu Province, No. JSCHKY201602; The National Science & Technology Pillar Program, No.2012BAH35B02; Youth Science & Technology Innovation Fund of Nanjing Forestry University, No.CX2015007; Open Research Fund Program of Key Laboratory of Police Geographic Information Technology, Ministry of Public Security, No.2016LPGIT06]

作者简介: 王增利(1984-), 男, 山东济南人, 博士, 主要从事犯罪空间模拟和GIS应用研究。E-mail: wangzl@njfu.edu.cn

通讯作者: 刘学军(1965-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事视频GIS和数字地形分析等研究。

E-mail: liuxuejun@njnu.edu.cn

供建议^[3]。这些研究使得环境犯罪学理论从宏观向微观逐渐发展，并从环境、城市规划等角度研究犯罪发生的潜在诱因。

在环境犯罪学领域，人们已经提出了多种犯罪学理论。从社会解组理论到日常行为理论、理性选择理论，再到破窗理论、犯罪场理论等多种犯罪学理论分别从不同的角度对犯罪与时空环境之间的相互作用关系进行了阐述（图1）。纵观各个环境犯罪学理论可以看出，社会解组理论更加注重失控的时空环境对于区域范围内犯罪态势的影响。其分析尺度为城市、地区。日常行为理论、理性选择理论等注重分析人的行为与周围空间环境的关联关系。其分析尺度是以人的生活范围大小进行分析的。破窗理论、犯罪场等理论则是针对某个固定的时空范围（或时空对象）及其拥有的时空特征对行为人做出选择的影响进行分析的。其分析尺度为具体的空间对象（如路灯、房屋、街角等）。

	准确的位置	明确的边界	适合的尺度	可量化的要素	要素反应方式
社会解组理论	无	无	大尺度	较少	环境导致犯罪
日常行为理论	有	无	中等尺度	较多	环境吸引犯罪
破窗理论	有	有	小尺度	均可量化	环境吸引犯罪
理性选择理论	有	有	中等尺度	均可量化	犯罪选择环境
犯罪场理论	有	有	小尺度	均可量化	环境“辐射” 人员“感应”

图1 现有环境犯罪学理论比较

Fig. 1 Comparison of environmental criminology theories

不同的犯罪学理论适用的空间尺度不尽相同，其分析过程中选择的环境因子也会随之发生变化。环境犯罪学理论的适用尺度正在由大向小逐渐发展。因此，在分析影响犯罪的环境特征时，需要选择合适的犯罪学理论以指导因子的分析和尺度的选择。

2 犯罪空间特征与尺度

犯罪与环境是息息相关的^[4]。早期犯罪学的研究主要从宏观的角度分析城市规划对于预防犯罪的作用。王发曾等^[5]从城市空间格局的角度，系统地研究了城市中治安盲区对于犯罪的影响，在盲区分析与综合治理方面提出了一些重要的研究成果。此后，研究分别从街道^[6-8]、社区^[9]、邻里^[10]以及固定大小的格网^[11]来分析犯罪与城市地理特征的关系。这些研究从城市环境的角度出发，分析了城市或街道的地理特征与犯罪率的关联关系，为宏观把握犯罪的分布特征提供了基础。

近年来，研究人员开始从微观的角度分析犯罪与不同地理因子的关联特征。比如拐点^[12]、医院^[13]、路灯^[14]、地铁站^[15]、商店^[16]、监控网络^[17-18]等城市中的微观地物均可能对犯罪的发生产生影响。这些研究从微观的角度出发，分析具体地物类型或目标对于犯罪的影响。研究结论不仅解释了犯罪发生的机理，而且对于警力部署、犯罪心理分析等具有重要的参考价值。

由以上研究可以看出，人们对于犯罪的影响因素从宏观的城市规划到中观的街道单元，再到微观的房屋特征等多个空间尺度均开展了大量的研究工作。然而，由于没有考虑尺度的影响，不同的研究会得到不同的分析结论。比如，Kautt等^[19]在大尺度上研究发现靠近市中心、人口密度等因素与入室盗窃正相关，是入室盗窃的主要影响因素之一。然而在微观尺度上，王子熙等^[20]研究发现人口密度与入室盗窃率显著负相关；颜峻等^[21]对入室盗窃空间分布与地理因素的关联性分析，发现在社区尺度上入室盗窃犯罪率与距

派出所距离没有显著相关性。而在房屋大小尺度的上，Groff等^[22]的实验结果表明：入室盗窃与距警局的距离呈正相关性；Wang^[23]在研究犯罪率与工作便利性的关系时发现，就业便捷度与犯罪率在人口普查区尺度上有很强的负相关。而在社区尺度上对相同的数据进行回归分析时并未发现二者存在显著的相关性^[24-25]。可见，同样的犯罪类型与同一因子的关联关系在不同的研究中会有不同的结论。

采用的空间尺度不同是导致以上研究结论不同的重要原因之一。目前对犯罪地理特征的研究中，更多侧重在单一尺度上研究地理因素与犯罪的关联性，对于犯罪与地理因素的多尺度关联性的研究较少。在多个尺度上分析犯罪的时空特征，对于深入理解犯罪机理，全面准确的量化时空分布均具有重要意义。

3 数据源

3.1 犯罪数据

N市位于经济发达的长三角地区，城市规模适中，历史悠久，至今保留了大量的古旧建筑群。位于长三角的地理优势使得N市的经济取得了迅速的发展。既有城市中心区域的繁华商业中心，也有西南区域新近崛起的新城区，同时保留了港口码头等重要的航运枢纽（图2）。政治、经济、交通、旅游等公共设施齐全完整，地理意义显著。

本文的入室盗窃数据时间跨度为2013年1月1日-2013年12月30日，每条记录包含案发的位置和时间信息，其中案发空间位置精确到小区，时间单位精确到小时。

3.2 多尺度地理因子数据

不同地理因子在地理空间中的表示各不相同。如可达性是以小区到某些地物的距离来表示，而人口构成是以密度的形式表示。因此，不同地理因子的选取需要根据其空间分布的特征完成构建。本文选取了22类因子来分析影响犯罪的因素（表1）。

空间分析单元的属性分为4种：距离类（- d ）、数量类（- q ）、比率类（- r ）、常数类（- v ）。其中距离类属性的计算方法为该单元（小区）到该类地物点的路网距离；数量类属性的计算方法为单元内的地物数量。比率类为用比值表示的属性。常数类为地物自带的用数值表示的属性。为了获取不同空间尺度上的因子，本文采用取均值、求和/窗口面积的方式计算地理因子。其中对于距离类、比率类以及比率类的属性采用平均值的方式获取不同空间尺度的因子：

$$q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (1)$$

式中： q_i 表示最小尺度的一个单元内某个因子的值； n 表示尺度范围内单元的数量； q 表示这个因子在该尺度上的值。求和/窗口面积的计算方式首先统计窗口范围内因子的值的总和（图3），计算其与尺度窗口的面积的比值：

$$q = \frac{1}{\pi r^2} \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

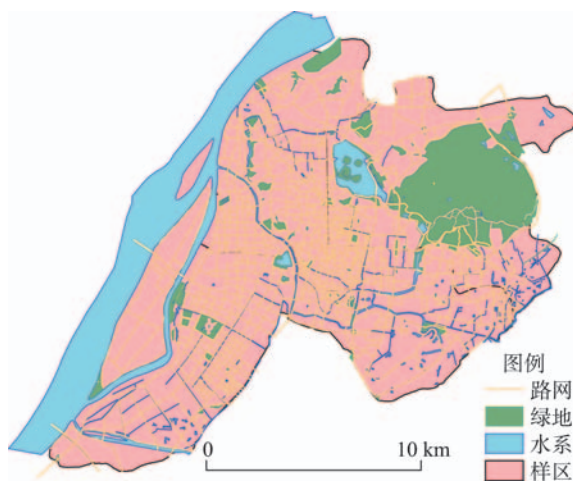


图2 研究样区地图

Fig. 2 Map of the study area

表 1 地理因子的含义以及在不同尺度上的平滑方法

Tab. 1 Geographical factors and the smoothing methods on different scales

因子名称	意义	平滑后意义	平滑方法
火车站	到火车站的路网距离	到火车站的路网距离	平均
医院	到医院的路网距离	到医院的路网距离	平均
大学	到大学的路网距离	到大学的路网距离	平均
城中村	到城中村的路网距离	到城中村的路网距离	平均
主干道	到主干道的距离	到主干道的距离	平均
餐饮	餐饮店的数量	餐饮店的密度	求和/窗口面积
超市	超市的数量	超市的密度	求和/窗口面积
商场	商场的数量	商场的密度	求和/窗口面积
娱乐	酒吧、KTV 等娱乐场所的数量	娱乐场所的密度	求和/窗口面积
学校	中小学等学校的数量	中小学等学校的密度	求和/窗口面积
工厂	工厂的数量	工厂的密度	求和/窗口面积
宾馆	宾馆数量	宾馆密度	求和/窗口面积
出租房	出租房的数量	出租房的密度	求和/窗口面积
人口数量	常住人口的数量	常住人口密度	求和/窗口面积
流动人口	流动人口数量	流动人口密度	求和/窗口面积
平均价格	房屋价格	房屋平均价格	平均
楼层	楼层高度	楼层平均高度	平均
安保情况	防卫强度	平均防卫强度	平均
建筑年龄	建筑年龄	建筑平均年龄	平均
绿化率	小区绿化率	小区平均绿化率	平均
入住率	小区入住率	小区平均入住率	平均
规整度	小区内房屋规整度	房屋规整度	平均

式中： q_i 表示该因子在最小尺度上的值； r 表示窗口的统计半径； q 表示在求解尺度上因子的值。

本文中不同尺度的计算时没有采用对空间范围重新剖分的方式，而是采用窗口平滑来重新计算小区的属性。这种方法的优势在于可以克服空间剖分导致的单元大小不统一的问题，因此，可以用来分析不同尺度上的属性特征。每种因子名称、含义以及平滑的方式如表 1 所示。

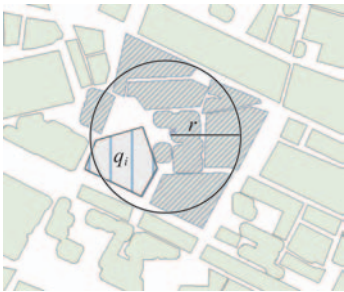


图 3 多尺度因子属性计算示意图

Fig. 3 Sketch of multiscale factor calculation

4 地理因子空间多尺度分析

4.1 地理因子空间多尺度分析方法

根据前文所描述犯罪的尺度性特征，不同的地理因子在不同尺度上与犯罪具有不同的关联关系。因此，本文将在不同尺度上分析犯罪的空间分布特征，然分析这种分布特征与地理因子的关联关系，并在此基础上探讨相同地理因子在不同尺度上的变化特征；最后，利用多尺度地理因子反演犯罪的空间分布从而提高地理因子解释犯罪空间分布的精度。

犯罪多尺度空间探测性分析采用 Moran's I 进行分析。犯罪与地理因子的多尺度关联分析采用似不相关回归模型。地理因子在不同尺度上与犯罪的关联系数的比较采用瓦尔

德检验进行比较分析。

根据本文的基本思想,设计了以下实验步骤:

- (1) 利用式(1)获取因变量和自变量在不同空间尺度上的数值。
- (2) 在多个空间尺度上对犯罪率进行空间探测性分析。
- (3) 分析犯罪与地理因子的多尺度关联关系。
- (4) 利用瓦尔德检验分析地理因子在不同尺度上关联系数的差异性。
- (5) 利用多尺度地理因子反演犯罪空间分布。

4.1.1 空间探测性分析 目前,最普遍的空间探测性分析方法是进行空间自相关检验。空间分布的地理要素通常存在相关的现象。因此,在进行地理因子分析之前,有必要首先对因子的空间自相关性进行检测。空间自相关性分析常用的方法有 Moran's I 系数或 Geary's C 系数。本文采用 Moran's I 系数的显著性水平来检验结果的空间自相关性,其公式为:

$$\text{Moran's } I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}}, \quad i \neq j \quad (3)$$

式中: X_i 、 X_j 分别代表观测位置的值; \bar{X} 为平均值; W_{ij} 为权重矩阵,当两个观测值相邻时,其值为1,否则为0。

Moran's I 的结果表示空间特征值与相邻的值之间的关联性。其期望值为 $-1/(n-1)$ 。当特征值数量 n 增加时,该期望值会趋向于0值。当 I 值大于期望值时,表明特征值存在空间正相关。当 I 值小于期望值时,表明特征值存在空间负相关。为了判断空间特征之间是否存在自相关,对 I 值进行假设检验,并用 z 值和 P 值判断空间相关性。其中当 z 值在 $-1.96 \sim +1.96$ 之间时, P 值大于0.05。表明空间分布不具有显著的相关性。否则存在显著的相关性。

4.1.2 似不相关回归 (Seemingly unrelated regression) 与单一回归方程逐渐分析的方式不同,似不相关回归模型在顾及了方程之间相关性的基础上,联立各组线性回归方程构建方程组,并利用方程组估计在不同尺度上各类因子与犯罪的相关性。最后利用某种检验方法来测试这种相关性在不同尺度之间的平稳性。在本文中,似不相关回归模型将用来分析不同尺度上各类地理因子与犯罪的关联性。具体的操作步骤为:首先利用最小二乘法估计方程的方差项和协方差项;然后利用广义最小二乘法计算方程间协方差。其中,利用最小二乘回归获取误差项的方差和协方差可以用来估计模型参数。由于引入了地理因子在不同尺度的信息,同时考虑了不同尺度间因子的关联关系,因此,与普通最小二乘法相比,似不相关回归能更准确的估计模型参数和误差项。其公式为:

$$y_i = X_i \beta_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, M \quad (4)$$

式中: i 表示方程序号,第 i 个方程的自变量和因变量分别为该尺度上的地理因子与犯罪率; β 为回归系数; ε 为随机误差。模型假设误差项 ε 存在交叉相关,即:

$$E(\varepsilon_{is} \varepsilon_{jt}) = \begin{cases} \sigma_{ij} & \text{如果 } s=t, \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (5)$$

式中: ε_{is} 和 ε_{jt} 分别为第 s 项地理因子相对于 i 项方程的回归方差和第 t 项地理因子相对于 j 项方程的回归方差。

4.1.3 沃尔德检验 与单一的回归方程相比,似不相关回归采用方程组的方式进行分析有利于在方程间进行回归系数的比较。利用似不相关回归得到回归系数,并用沃尔德检验

来测试两次回归之间关联因子是否产生了显著性的变化。其中零假设 (H_0) 为参数 (β_i) 与另外一个回归式中对应的参数 (β_j) 相等, 否则即为否定原假设:

$$H_0: \beta_i = \beta_j$$

$$H_A: \beta_i \neq \beta_j$$

对于该假设, 计算沃尔德值公式为:

$$W = (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_j)' [\text{var}(\hat{\beta}_i) + \text{var}(\hat{\beta}_j)]^{-1} (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_j) \quad (6)$$

式中: β_i 和 β_j 分别为两个方程式中的回归参数; $\text{var}(\cdot)$ 为估计参数的协方差阵。如果检验结果在可接受的可信度范围内没有拒绝零假设, 那么可以得出一个方程式中的参数与另一个方程式中的参数相比没有显著的变化, 这样两个尺度之间犯罪的该影响因子没有发生变化的。否则, 则认为在两个尺度上犯罪的影响因子发生了显著变化。

4.2 多尺度地理因子实例分析

4.2.1 犯罪数据 以小区尺度的犯罪统计数据为基础, 通过计算分别得到了街区、社区、街道、区 4 个尺度的空间分布数据 (图 4)。观察这些数据可以看出, 随着尺度的增大, 犯罪的高发区域逐渐的由少量几个高发小区过度到几个较小的高发区域, 并最终演变为南北两片高发地区。

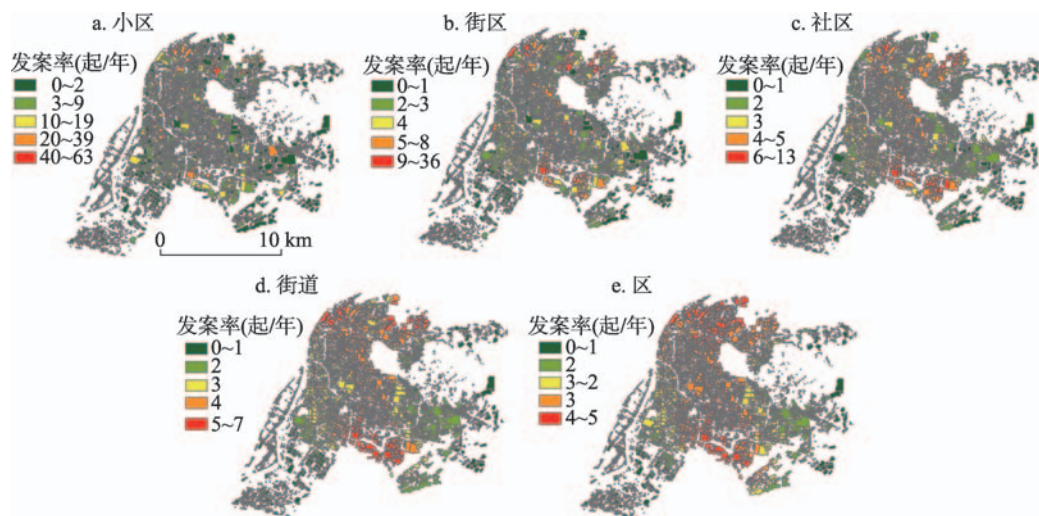


图4 N市多尺度犯罪空间分布

Fig. 4 Multi-scale spatial distribution of crime

4.2.2 回归结果分析 全局回归模型分别对地理因子及犯罪率分别在小区、街区、社区、街道和区 5 个尺度上进行分析。其中, P 值选取了 0.01。为了方便描述因子的变化情况, 按照关联系数 (β) 的变化以及相互的差异性检验, 将因子的分为了两种情况: 关联情况没有改变、关联情况发生显著改变 (表 2), 并分析了每一个方程式的回归系数 (R^2) 以及回归残差的自相关指数 (表 3)。

根据表 2 可以看出, 在本文所选取的 22 个地理因子中, 到火车站的距离、超市密度、学校密度、宾馆密度、房价、安保状况、建筑物年龄、出租房密度、楼层高度等因子于犯罪的关联关系在各个尺度上没有表现出显著的变化。而小区绿化率、工厂数量、小区人口数量、入住率、规整度等因子与犯罪的关联关系则表现出显著的变化。这一结论证明了地理因子与犯罪的关联关系在不同尺度上可能会有不同的关联关系。即犯罪在

不同尺度上与不同的地理因子相关。

具体来说，到火车站的距离、学校密度、房价、安保情况、小区人口、楼层高度等因子与犯罪在各个尺度均为正关联。其中小区人口是各个因子中关联系数较大的因子。尽管其关联性质没有随着尺度变化而发生变化，但是从瓦尔德检验结果来看，人口密度与犯罪率的关联性确实发生了显著的变化：在较小尺度上，二者的关联性较弱，而在较大尺度上二者的关联性显著增强。即在小区域范围内，入室盗窃的发生不会受到人口密度的显著影响，在大尺度上则恰恰相反。同时火车站、学校密度、房价等因子也均为人口生活人口密度较高的区域。可见，可见入室盗窃的发生与人口密度具有较强的正比例关系。日常居住人口越多的区域，发生入室盗窃的几率会越高。安保情况与犯罪

表2 不同尺度间回归系数差异性检验
Tab. 2 Test of regression coefficients between different spatial scales

因子名称	小区 vs 街区	街区 vs 社区	社区 vs 街道	街道 vs 区
火车站	0.00	0.00	0.00	0.00
超市	1.04	0.00	0.00	0.00
商场	1.25	0.00	0.00	0.00
学校	0.01	0.00	0.00	0.00
宾馆	0.03	0.00	0.00	0.00
房价	0.00	0.00	0.00	0.00
安保	0.00	0.00	0.00	0.00
建筑年龄	0.00	0.03	0.18	0.01
绿化率	166.68	0.02	1.96	3.74
出租房	0.00	0.00	0.00	0.00
楼层	0.12	0.01	0.19	0.56
工厂	7.02	0.00	0.00	0.00
小区人口	0.00	0.68	229.54	16.40
入住率	-	-	36.44	0.00
规整度	10.69	0.01	0.10	0.00

表3 回归计算结果($P < 0.01$)
Tab.3 Regression coefficients

因子名称	小区		街区		社区		街道		区	
	β	P	β	P	β	P	β	P	β	P
火车站	-	-	0.051	0.00	0.052	0.00	0.050	0.00	0.047	0.00
医院	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大学	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
城中村	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
主干道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
餐饮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
娱乐	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
超市	1.077	-	-	-	-	-	-	-	-	-
商场	-0.488	-	-	-	-	-	-	-	-	-
学校	-	-	0.008	0.00	0.005	0.00	0.002	0.00	0.001	0.00
宾馆	0.252	0.00	-0.023	0.00	-0.009	0.00	-0.004	0.00	-0.001	0.00
房价	-	-	0.093	0.00	0.124	0.00	0.239	0.00	0.260	0.00
安保	-	-	0.093	0.00	0.076	0.00	0.070	0.00	0.120	0.00
建筑年龄	-	-	0.126	0.00	-0.009	0.01	-0.276	0.00	-0.229	0.00
绿化率	-	-	-	-	-	-	-0.865	0.00	-1.844	0.00
出租房	-	-	-0.016	0.00	-0.004	0.00	0.002	0.00	0.003	0.00
楼层	-	-	0.255	0.00	0.330	0.00	0.082	0.01	0.431	0.00
工厂	0.953	0.00	-0.019	0.00	0.000	0.01	-0.002	0.00	0.001	0.00
小区人口	0.000	0.00	1.262	0.00	1.412	0.00	3.169	0.00	2.897	0.00
流动人口	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
入住率	-	-	-0.513	0.00			0.909	0.00	1.726	0.00
规整度	0.902	0.00	-0.429	0.00	-0.508	0.00	-0.314	0.00	-0.304	0.00
R^2	0.221		0.708		0.868		0.955		0.981	
Moran's I/Z	0.083/9.327		0.478/53.055		0.758/ 83.937		0.807/ 89.318		0.810/88.170	

率在各个尺度上保持正关联,说明安保措施也是影响入室盗窃犯罪率的重要因子。这一结论与日常生活常识相吻合:安保措施越差,发生入室盗窃犯罪的概率越高。楼层高度与犯罪率在各个尺度上均为正关联。可见,楼层越高,发生入室盗窃的概率越高。造成这一现象的原因可能在于,楼层高的区域,人口密度较大,更容易实施盗窃。相反在楼层较低的区域,人口密度稀疏,因此发生犯罪的概率也会降低。宾馆数量、建筑物年龄、工厂数量、规整度等因子在较小尺度与犯罪表现为正关联,在大尺度上与犯罪表现出负关联。其中,宾馆数量和工厂数量分别代表流动人口数量和工厂工作人口的数量。在小区尺度上,这两个因子均与入室盗窃表现出正关联。在其余尺度上则变得关联性较弱。其中,工厂数量的关联性变化较为显著。由此可以看出,在小尺度上,入室盗窃的发生率受到区域范围内人口的性质影响。流动人口、工厂工作人口均为引起入室盗窃更多的因子之一。其中,流动人口会降低区域范围内人口熟悉程度,为入室盗窃提供更多机会。工厂工作人口由于的工作、休息时间具有较强的规律性,容易为入室盗窃提供更多犯罪机会。建筑物年龄和房屋规整度均为与入室盗窃关联的建筑环境特征。二者与入室盗窃的关联性均为在较小尺度上具有正关联,在大尺度上负关联。即在小区域范围内(或针对具体建筑物而言),破旧、不规则的建筑物更容易引起犯罪。而在大尺度上,这种关联性则会显著变弱。这与环境犯罪学中日常行为理论相吻合。即犯罪分子在选择犯罪对象时会受到具体具体对象的特征(如房屋特征)影响,而在大尺度上受到犯罪分子心理因素的影响。

绿化率为仅在大尺度与入室盗窃关联的因子。绿化程度越高,犯罪率越低;反之亦然。该因子同样可以用环境犯罪学中日常行为理论来解释。犯罪分子在选择具体犯罪目标时不会因为建筑物的绿化率而决定是否实施犯罪。而在大尺度上,绿化率较高的区域往往治安水平也较好,因此犯罪率相对较低。

入住率为变化显著的因子(表2)。在较小尺度上与入室盗窃负关联,在较大尺度上与入室盗窃正关联,即在区域范围内,入住率较高的小区犯罪率反而较低;而入住率低的小区犯罪率反而较高。在大尺度上,这种关联性恰恰相反。

在以上因子之外,入室盗窃在小区尺度上还受到超市密度、商场密度的影响。其中超市与入室盗窃密度为正关联,商场与入室盗窃密度为负关联。超市与人口居住密度有关,人口约密集的区域,超市越多,犯罪率就会越高。而商场由于具有密集的人群,因此可能会对犯罪形成“监视”的效果,从而减低犯罪率。

从多个地理因子与犯罪在不同尺度的关联性来看,尺度越大,关联性越强。在小尺度上,各种因子变化相对“剧烈”,因此会降低与犯罪的关联性。而在较大尺度上,各种因子经过“平滑”,关联性随之提升。与此同时,自相关性也随之提高。

4.3 分析与讨论

经过以上分析,下面将实验结果与犯罪学理论结合进一步讨论犯罪与地理因子在不同尺度、不同空间范围的关联性。

(1) 入室盗窃与地理因子在不同尺度上可能表现出不同的关联性。结合分析结果来看,到火车站距离、学校、房价、安保情况等要素均为与入室盗窃正相关的因子,娱乐场所、宾馆、建筑年龄、绿化率等因素则为与入室盗窃负相关的因子。其中,到火车站距离、学校、房价等可视为居住人口聚集度的因子,这些因子与入室盗窃正相关表明入室盗窃的发生率是与人口聚集程度始终正相关的,不受到尺度变化的影响;娱乐场所、宾馆、建筑年龄、绿化率等因素可在不同的尺度上表现出与入室盗窃的强负相关性,说明夜生活丰富、流动人口、良好的绿化对于抑制入室盗窃具有积极作用,而建筑年龄

与盗窃负相关可能与样区内老旧建筑较多，且大多不作为居住用房有关。可见，在单一尺度上分析犯罪与地理特征的关联关系可能会导致较大误差。

(2) 在不同尺度上分析犯罪行为需要结合不同的犯罪学理论。根据前文的实验结论可以看出，在较小尺度上，入室盗窃的发生受到商场、工厂、规整度等具体对象特征的影响而发生变化。而在较大尺度上，这些特征对于犯罪的影响则会变得较弱。这种现象可以用破窗理论来解释：即建筑物的特征会影响犯罪分子实施犯罪的概率。而在大尺度上，这种影响会变得较弱。说明破窗理论一般适用于小尺度的分析。在大尺度上，入室盗窃受到人口、绿化率、建筑物年龄等多种因子的影响。而在较小尺度上，这些因子则会表现出与犯罪不同的关联特征。而这些因子可以用社会解组理论或日常行为理论来解释：绿化率说明区域建设较弱、建筑物老旧会形成较好的社区整合度、人口数量越多，犯罪目标越多，更容易为犯罪提供合适的犯罪机会。由此可以看出，社会解组理论和日常行为理论更适合在较大尺度解释犯罪的机理。

(3) 利用多种地理因子解释犯罪密度的精度随着尺度变化而变化。在利用地理因子分析犯罪空间分布的过程中，需要顾及二者在多尺度的关联关系，从而避免在单一尺度分析过程中可能导致的误差。

为了比较不同尺度的地理因子对于犯罪空间分布的解释性，绘制了不同尺度地理因子反演犯罪空间分布的结果（图5）以及反演后各个尺度的犯罪与真实犯罪空间分布的相关性（表4）。表4中的小区、街区、社区、街道、区分别代表相应尺度地理因子反演的犯罪空间分布与真实情况的相关性，同时计算了多尺度地理因子反演的犯罪空间分布于真实情况的相关性。可以看出，不同尺度的地理因子解释的犯罪空间分布各不相同。而多个尺度因子综合反演的犯罪空间分布结果显著优于其他单一尺度地理因子所反演的

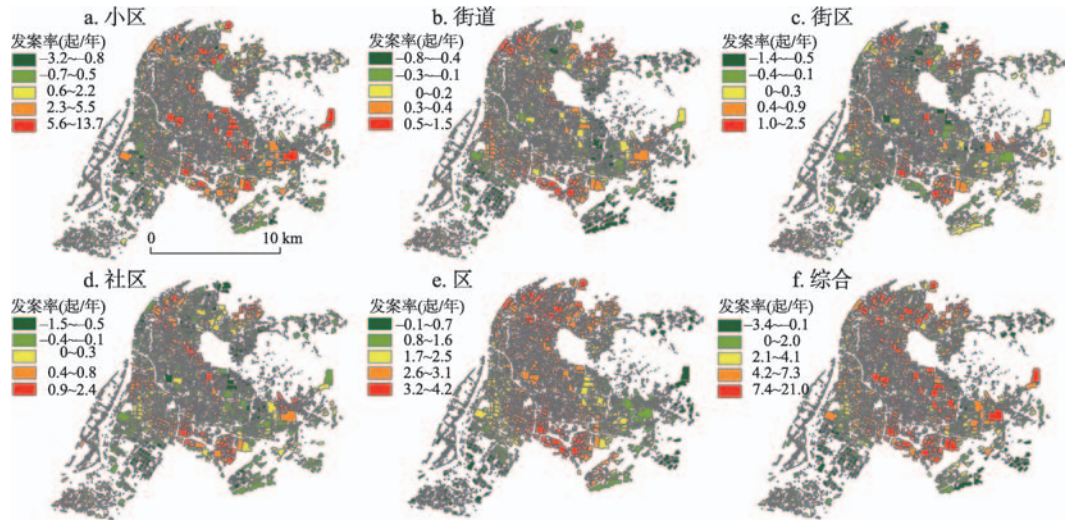


图5 N市多尺度地理因子模拟犯罪分布

Fig. 5 Simulated crime distribution maps with multiscale geographic factors

犯罪空间分布结果。

具体来看，利用地理因子反演的犯罪空间分布在小区尺度上，犯罪高发区域（红色小区）呈点状分布。这些区域主要分布在北部、东南部、中

表4 多尺度回归结果与真实犯罪空间分布相关性比较

Tab. 4 Comparison of regression results with crime distribution

	小区	街区	社区	街道	区	综合结果
相关性	0.415	0.362	0.273	0.195	0.257	0.609

部以及西北—东南区域的连接线上；在街区尺度上，犯罪高发区域开始逐步集中于分析区域北部、东南部以及西北—东南的连接线上；在社区尺度上，犯罪高发区域主要集中于西北—东南的连接线上，并开始呈现片状分布；在街道尺度上，犯罪高发区域主要北部和东南部地区；在区尺度上，由北部、中部东南部构成的大片区域均为犯罪高发区域。

由此可以看出，犯罪在不同尺度上空间分布的位置、形态、密度均有所不同。其中，犯罪热点分布位置的不同与犯罪发生的关联因素有关。结合前文所提取的地理因子，可以看出不同尺度上的犯罪率与不同的地理因子具有关联关系。甚至相同的地理因子在不同的尺度上与犯罪的关联性也会有所不同。而犯罪热点的形态不同也揭示了不同的犯罪学理论适用于不同尺度犯罪的情况：在较小尺度上，犯罪热点呈现点状分布，适合采用建筑规整度、超市、商场等小尺度的地理特征量化、分析和预测犯罪的发生规律，采用“破窗理论”等来阐述犯罪的机理；在较大尺度上，犯罪热点呈现面状分布，适合采用人群密度、绿化率、房价等反应经济发展和宜居性的地理特征来量化犯罪的分布规律。与之适合的犯罪理论为社会解组理论或日常行为理论。因此，在分析、量化、模拟犯罪的过程中，需要注意犯罪理论的适用尺度，从而避免为研究结果带来误差或错误的结论。

从各个尺度反演的结果的精度来看，在最小尺度上的结果与真实犯罪的空间分布相关性最强。说明犯罪的发生受到小尺度因素的影响最大。而综合各个尺度反演犯罪的结果要高于各个尺度的结果。进一步验证了多尺度分析方法在犯罪模拟中的重要性。

5 小结

本文系统研究了环境犯罪学理论、犯罪地理特征分析以及犯罪反演等犯罪学研究存在的多尺度特性。利用中国N市的犯罪数据及其地理因子分析，用多尺度的分析方法进行了分析，并得出以下结论：

(1) 在不同的空间尺度上分别对入室盗窃的影响因子进行分析。发现入室盗窃的影响因子随着空间尺度变化而变化，某些因子与入室盗窃的关联性（正关联和负关联）甚至会随着尺度的变化而发生改变。可见，单纯在某一个尺度上分析入室盗窃的影响因素不够客观和准确，也难以把握入室盗窃发生的机理。

(2) 结合犯罪学理论，分析入室盗窃与地理因子的多尺度关联关系，验证了不同犯罪学理论具有不同的适用尺度，说明了同一地理因子在不同尺度上可能会有不同的分析结果，进一步体现了多尺度分析在犯罪理论分析、犯罪模拟、犯罪量化中的重要性。

(3) 多尺度地理因子解释犯罪空间分布的结果显著优于任意一个尺度的地理因子犯罪空间分布的精度。因此，在本文犯罪预测中将使用多尺度地理因子进行犯罪预测。

参考文献(References)

- [1] Guerry A M. Essai Sur la Statistique Morale de la France. Paris, FR: Crochard, 1833: 20-30.
- [2] Shaw C R, McKay H D. Juvenile delinquency and urban areas. American Sociological Review, 1970, 35(2): 394.
- [3] Taylor R B, Gottfredson S. Environmental design, crime, and prevention: An examination of community dynamics. Crime and Justice, 1986, 8(1): 387-416.
- [4] Boba R. Crime Analysis and Crime Mapping. CA: Sage, 2005: 10-15.
- [5] Wang F Z. The urban spatial environment's influences on urban crime. Human Geography, 2001, 16(2): 1-7. [王发曾. 城市空间环境对城市犯罪的影响. 人文地理, 2001, 16(2): 1-7.]
- [6] Chen P, Shu X M, Yan J. Timing of criminal activities during the day. Journal of Tsinghua University (Science and

- Technology). 2009(12): 2036-2039. [陈鹏, 疏学明, 颜峻. 犯罪活动在一天内的发生时间规律. 清华大学学报(自然科学版), 2009(12): 2036-2039.]
- [7] Lu Juan, Tang Guo'an, Zhang Hong, et al. A review of research methods for spatiotemporal distribution of the crime hot spots. *Process in Geography*, 2012, 31(4): 41-44. [陆娟, 汤国安, 张宏, 等. 犯罪热点时空分布研究方法综述. 地理科学进展, 2012, 31(4): 41-44.]
- [8] Feng Muzi, Wen Yongyi, Wu Jianping. A spatio-temporal analysis of theft in shanghai based on GIS. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2012, 35(11): 38-42. [冯沐孜, 文泳怡, 吴建平. 基于 GIS 的上海市盗窃案件时空分析. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(11): 38-42.]
- [10] Zhang L, Messner S F, Liu J. A multilevel analysis of the risk of household burglary in the city of Tianjin, China. *British Journal of Criminology*, 2007, 47(6): 918-937.
- [11] Feng Jian, Huang Linshan, Dong Ying, et al. Research on the spatial-temporal characteristics and mechanism of urban crime: A case study property crime in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(12): 1645-1656. [冯健, 黄琳珊, 董颖, 等. 城市犯罪时空特征与机制. 地理学报, 2012, 67(12): 1645-1656.]
- [12] Ratcliffe J H. The spatial extent of criminogenic places: a changepoint regression of violence around bars. *Geographical Analysis*, 2012, 44: 302-320.
- [13] McCord E S, Ratcliffe J H. Nonresidential crime attractors and generators elevate perceived neighborhood crime and incivilities. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 2007, 44(3): 296-320.
- [14] Wyant B R. Deterrence, firearm arrests, and subsequent shootings: A micro-level spatio-temporal analysis. *Justice Quarterly*, 2012, 29: 524-545.
- [15] Varin N D, Beauregard E. Investigating offending consistency of geographic and environmental factors among serial sex offenders. *Criminal Justice and Behavior*, 2013, 40: 156-179.
- [16] Kumar M V, Chandrasekar C. GIS technologies in crime analysis and crime mapping. *International Journal of Soft Computing and Engineering*, 2011(5): 115-121.
- [17] Piza E L, Caplan J M, Kennedy L W. Analyzing the influence of micro-level factors on CCTV camera effect. *Journal of Quantitative Criminology*, 2014, 30(2): 237-264.
- [18] Park H H, Oh G S, Paek S Y. Measuring the crime displacement and diffusion of benefit effects of open-street CCTV in South Korea. *International Journal of Law, Crime and Justice*, 2012, 40(3): 179-191.
- [19] Kautt P M, Roncek D W. Schools as criminal "Hot Spots": Primary, secondary, and beyond. *Criminal Justice Review*. 2007, 32: 339-357.
- [20] Wang Zixi. Urban residential space structure pattern and burglary tendency: A case study of Taiwan city [D]. Taiwan: Feng Chia University, 2004. [王子熙. 都市住宅区空间结构形态与窃盗犯罪倾向之研究: 以台湾某城市为例[D]. 台湾: 逢甲大学建筑所, 2004.]
- [21] Yan Jun, Shu Xueming, Yuan Hongyong. Relationship between spatial distribution of thief crime and geographical factors. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2010(50): 176-186. [颜峻, 疏学明, 袁宏永. 盗窃犯罪空间分布与地理因素的关联. 清华大学学报(自然科学版), 2010(50): 176-186.]
- [22] Groff E R, Vigne N G. Mapping an opportunity surface of residential burglary. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 2001(38): 257-270.
- [23] Wang F H. Job proximity and accessibility for workers of various wage groups. *Urban Geography*, 2003, 24(3): 253-271.
- [24] Wang F H. Where the jobs are: Employment access and crime patterns in Cleveland. *Annals of the Association of American Geographers*, 2002, 92(3): 435-450.
- [25] Wang Zengli, Liu Xuejun, Wu Wei, et al. Construction and spatial-temporal analysis of crime network: A case study on burglary. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*. <http://www.cnki.net/kcms/detail/42.1676.TN.20160714.1324.003.html>. [王增利, 刘学军, 吴伟, 陆娟, . 犯罪网络构建及其时空分析: 以入室盗窃为例. 武汉大学学报(信息科学版). <http://www.cnki.net/kcms/detail/42.1676.TN.20160714.1324.003.html>.]

Multiscale geographic analysis of burglary

WANG Zengli^{1,2,3}, LIU Xuejun^{2,3,4}, LU Juan⁵

(1. College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210046, China; 4. Key Laboratory of Police Geographic Information Technology, Ministry of Public Security, Nanjing 210046, China; 5. Nanjing Public Security Bureau, Nanjing 210005, China)

Abstract: Current theoretical and empirical literature provides abundant knowledge about why and where crime takes place. However, few empirical studies analyze the scale applicability of the existing research. In order to get a better understanding of the relationship between burglary and sociodemographic and economic characteristics, this paper applies multiscale analysis to assess the stability of model parameters on different spatial scales. First, this paper summarizes the existing theories of environmental criminology, and concludes that each kind of theory can only be employed in a certain spatial scale. Thus, a more comprehensive explanation of crime needs more than one crime theory. Geographical factors associated with burglary also distinct between the results from different spatial scales. Therefore, multiscale analysis method may offer a more comprehensive and accurate analysis than single scale analysis in crime modelling. Second, using a recent burglary dataset from N city in southeast China, the current research applies a seemingly unrelated regression model to assess the stability of correlation coefficients between burglary and geographical factors among five spatial scales (residential area, neighborhood, community, street and district). After Wald's test for a significant test of correlation coefficients, the experimental result shows that, some correlation coefficients do not vary, while others vary significantly. Environmental criminology theories at different spatial scales explain the changes of these correlation coefficients. Finally, compared with the inversion results from single spatial scales, those integrating five spatial scales show a higher accuracy. The result demonstrates that, in the research of environmental criminology, the theories, geographical factors and spatial distribution inversion all depend on scale change. Multiscale analysis method performs better in geographical analysis, theory research and crime inversion than single scale analysis.

Keywords: environmental criminology; multiscale; burglary; geographical factors; inversion accuracy