引文格式：李玲,麦雄发,李珊. 基于时空地理加权协同区位商的犯罪时空关联模式研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(9): 1-6. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.09.001

基于时空地理加权协同区位商的犯罪时空关联模式研究

李　玲[1]，麦雄发[2*]，李　珊[2]
（1. 南宁师范大学 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室，广西 南宁 530001；
2. 南宁师范大学 数学与统计学院，广西 南宁 530001）

摘　要：犯罪是典型的时空事件数据，各类犯罪事件在时空上存在相互影响和相互关联的关系。为挖掘不同犯罪事件的时空关联，利用时空地理加权协同区位商模型，分析了英国曼彻斯特各个城市犯罪时空关联模式的总体特征和局域空间关联。结果表明，在全局特征上，各城区同类犯罪在时空上均表现出不同程度的聚集模式，不同类犯罪之间的相互时空关联关系存在显著差异；在局部特征上，自行车盗窃和抢劫在各城区分布模式的时空异质性较小，而毒品和个人盗窃在各城区的时空异质性较大。研究成果有助于治安管理部门重点监控犯罪行为和合理部署警力资源。

关键词：时空地理加权协同定位商；时空数据；犯罪模式；时空关联
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）09-0001-06

Research on Crime Spatio-temporal Association Pattern Based on Geographically and Temporally Weighted Colocation Quotient

LI Ling[1], MAI Xiongfa[2], LI Shan[2]
(1. Key Lab of Environmental Change and Resource Use in Beibu Gulf (BGERLR), Ministry of Education, Nanning Normal University, Nanning 530001, China;
2. School of Mathematical and Statistics, Nanning Normal University, Nanning 530001, China)

Abstract: Crime is a typical spatio-temporal incident data, and each types of crime have influence and correlation in time and space. In order to explore the spatio-temporal correlation of different types of crime, we used the geographically and temporally weighted colocation quotient (GTWCLQ) to analyze the global and local spatial correlation of crime patterns in Manchester, England. The results indicate that the same category crime in each cities exhibits aggregation pattern in time and space, and there are significant differences in the spatio-temporal correlation between different category crimes in terms of global characteristics. In terms of local characteristics, the spatio-temporal heterogeneity of bicycle theft and robbery distribution patterns in different urban areas is relatively small, while the spatio-temporal heterogeneity of drug and personal theft are relatively large in different urban areas. The research results are of great significance to the public security management department in focusing on monitoring criminal behavior and deploying police resources in a reasonable manner.

Key words: GTWCLQ, spatio-temporal data, criminal pattern, spatial association

犯罪是现代社会发展不可避免的问题。犯罪的发生涉及社会经济、政治、文化与周边环境等复杂因素，严重威胁人类的生命财产安全和社会公共秩序稳定[1]。因此，犯罪问题受到越来越多的关注，犯罪地理学也成为犯罪研究的热门交叉学科。研究表明，犯罪现象在时间、空间和犯罪类型上并非随机、均匀分布，而是具有特定的分布特征[2]；同时犯罪学理论认为犯罪事件之间存在时空相互作用，不同类型的犯罪可能同时发生在同一时空区域[3]。研究不同犯罪类型的时空分布特征和规律，挖掘各类犯罪发生的时空动态变化规律，可揭示各类犯罪发生背后的时空关联，有助于警方制定有效的多类犯罪联合防治措施、减少经济损失、保障公共安全。犯罪时空关联规则旨在从犯罪时空数据库中发现数据时空属性之间的关联关系，是犯罪时空分布规律挖掘的技术难点之一。大量学者对犯罪事件关联进行了分析，主要集中在犯罪与周边环境设施的关联以及某种犯罪本身的时空关联性。犯罪环境理论认为，犯罪的发生与周边环境具有

收稿日期：2023-06-05。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41961062）。
第一作者简介：李玲（1981—），博士，副教授，研究方向为地理智能算法与应用，E-mail：liling81@nnnu.edu.cn。
通信作者：麦雄发（1974—），硕士，副教授，研究方向为机器学习与智能计算、时空数据挖掘与预测，E-mail：maixf@nnnu.edu.cn。

重要关联，Wang F H[3]等采用协同区位商（CLQ）模型分析各种土地利用设施与抢劫、盗窃和摩托车盗窃3类犯罪的关联性发现，摩托车盗窃与娱乐场所之间有较显著的关联；叶文菁[4]等利用时空关联规则对扒窃案进行挖掘，得到扒窃案的案发时间与地点之间的关联。在某种犯罪行为方面，有学者认为特定的犯罪类型在时间和空间上具有密切关联，Bansal D[5]等采用关联规则挖掘从有关女性犯罪的数据集中提取频繁出现的模式，得到哪个年龄段的女性更容易犯罪；闫密巧[6]等提出了一种基于聚类的时空关联规则，并对公交犯罪在不同季节、时段的时空规律进行挖掘。上述研究主要从犯罪与外部环境的空间关联或某种犯罪的时间关联方面进行分析，而忽略了不同类型犯罪之间的关联关系，而这种关联关系对犯罪的预测和防范具有重要作用。例如，吸毒和暴力犯罪在时空上具有很强的联系，吸毒会导致精神极度兴奋，从而伴随着暴力行为。挖掘不同犯罪类型之间的关联规律，明确各类犯罪之间的相互依赖、相互吸引关系，进一步分析关联规则的时空变化规律，对于预测犯罪具有关键作用。

CLQ模型起源于经济区位商，后经Leslie T[7]和Cromley R G[8]等的拓展，发展为地理加权CLQ。该方法不但能挖掘不同类型事件之间的空间关联模式，而且能对要素之间的相互依赖关系进行测度以及对依赖关系的局域特征进行可视化，被应用于职住要素分析[9]、医疗设施和物流企业的布设[10]以及人口、资源分布等方面[11]，并取得了较好的效果。然而，CLQ模型和地理加权CLQ模型都只是考虑了空间的关联规则，忽视了时间影响。时空CLQ模型（GTWCLQ）可从包含多个时空事件的数据中发现频繁在邻近位置发生的事件集合，根据其出现的概率衡量事件之间的相互依赖关系，且能对空间要素的不对称分布进行测度[12]，将时间和空间效应结合起来，能有效地对时空事件数据进行关联规则挖掘。为拓展时空关联挖掘在犯罪地理研究中的应用，同时验证GTWCLQ模型的有效性，本文以曼彻斯特各类犯罪事件为研究对象，采用GTWCLQ模型分析各类犯罪事件在不同区域的时空关联模式，探讨同一时间尺度下各类犯罪的空间依赖性和异质性，识别各类犯罪空间依赖的对称与不对称关系，并对时空关联模式的区域特征进行可视化，最终为不同区域各类犯罪的热点区域进行有针对性的治安防控提供参考。

1 研究方法

GTWCLQ模型的基本思路是计算某类点时空邻域内另一类点的观测值与期望值的比例，比例越大，说明二者的时空关联越密切。GTWCLQ包括全局GTWCLQ和局部GTWCLQ两种指标。

1.1 全局GTWCLQ

全局GTWCLQ基于点模式，从整体上计算不同要素之间的时空关联程度。考虑时间效应下，A类点与B类点间全局GTWCLQ的计算公式为：

$$\mathrm{GTWCLQ}_{\mathrm{A-B}}^{\mathrm{global}}=\frac{\sum_{k\in E}\sum_{i\in C}\sum_{j\in N_k}\boldsymbol{W}_{ijk}x_{kj}}{M\sum_{k\in E}\sum_{i\in C}\sum_{j\in N_k}\boldsymbol{W}_{ijk}} \tag{1}$$

$$M=\frac{N_{\mathrm{B}}}{N-1},\quad N=\sum_{k\in E}N_k,\quad N_{\mathrm{B}}=\sum_{k\in E}N_{\mathrm{B}k} \tag{2}$$

式中，$\mathrm{GTWCLQ}_{\mathrm{A-B}}^{\mathrm{global}}$为A类点对B类点在$k$时刻的整体吸引程度，具有方向性；$\boldsymbol{W}_{ijk}$为时空权重矩阵，反映不同类型点之间的时空邻近效应；x_{kj}为二进制变量，当第i个A类点在k时刻的第j个最近邻点为B类点，则取1，否则取0；E为研究时段的集合；C为A类点集合；N_k为k时刻所有点的集合；N为所有研究点总数；N_{Bk}为k时刻B类点的总数。

若$\mathrm{GTWCLQ}_{\mathrm{A-B}}^{\mathrm{global}}$大于1，表明A类点在其邻域内吸引B类点，二者呈集聚关系；若其值小于1，表明A类点在时空上远离/排斥B类点，即A与B趋向于离散分布；若其值等于1，表明A类点与B类点趋向于随机分布；值越大，表示A类点对B类点的空间吸引力越强。若$\mathrm{GTWCLQ}_{\mathrm{A-B}}^{\mathrm{global}}$与$\mathrm{GTWCLQ}_{\mathrm{B-A}}^{\mathrm{global}}$均大于1，则认为A类点与B类点的时空依赖关系是对称的；若其中一个小于1，则表示A类点与B类点的依赖关系是不对称的。

1.2 局部GTWCLQ

局部GTWCLQ的计算公式为：

$$\mathrm{GTWCLQ}^{\mathrm{local}}(i)=\frac{\sum_{k\in E}\sum_{j\in N_K}\boldsymbol{W}_{ijk}x_{kj}}{M\sum_{k\in E}\sum_{j\in N_K}\boldsymbol{W}_{ijk}} \tag{3}$$

局部GTWCLQ可计算每个研究点与其他类别点的时空关联程度，并可根据局部值大小在GIS中进行可视化，从而揭示各类点间的时空异质性，以解释空间关联的空间差异。

全局指标和局部指标都需要进行显著性检验，本

文利用蒙特卡罗方法对GTWCLQ进行显著性检验。当 p 值小于0.05时，表明GTWCLQ在95%的置信水平上是显著的，计算结果具有显著性[13]。

1.3　时空权重矩阵的构建

构建时空权重矩阵是计算全局指数和局部指数的基础。时空权重通过距离衰减效应来表示空间和时间的依赖性[14-15]，可由空间效应和时间效应的乘积来反映，即

$$\boldsymbol{W}_{ijk}=S_{ij}\times T_{ij}=f(d_{ij}^{s})\times g(d_{ij}^{t}) \tag{4}$$

式中，$f(\cdot)$ 和 $g(\cdot)$ 为核函数。

本文采用高斯核函数 S_{ij} 表示空间邻近程度，采用二次反距离加权函数 T_{ij} 来计算时间邻近程度，则有：

$$S_{ij}=f(d_{ij}^{s})=\begin{cases}\exp[-\frac{1}{2}(\frac{d_{ij}^{s}}{b_0})]^2 & d_{ij}^{s}\leqslant b_0\\ 0 & d_{ij}^{s}>b_0\end{cases} \tag{5}$$

$$T_{ij}=g(d_{ij}^{t})=\begin{cases}(d^{t}{}_{ij})^{-2} & d^{t}{}_{ij}\leqslant t_0\\ 0 & d^{t}{}_{ij}>t_0\end{cases} \tag{6}$$

$$d_{ij}^{t}=t_i-t_j+1 \quad i\geqslant j \tag{7}$$

式中，d_{ij}^{s} 为点 $i(x_i,y_i,t_i)$ 与 $j\left(x_j,y_j,t_j\right)$ 之间的欧氏距离；d_{ij}^{t} 为两点之间的时间距离；b_0、t_0 分别为空间和时间带宽，即研究点影响的时空范围，空间距离大于 b_0 或时间距离大于 t_0 则认为无影响。

带宽设定分为固定带宽（以固定距离 R 为半径的圆形区域）和自适应带宽（K 个最近邻）。由于时空数据通常不是均匀分布的，固定带宽较难拟合所有的空间数据集，而自适应带宽则可保证每个研究点邻近有固定的点数，从而得到更可靠的结果，在因此实际应用中一般采用自适应带宽[16]。

2　数据来源

本文选取英国的曼彻斯特作为研究区域。曼彻斯特是英国第三大城市，包括10个都会自治市。一直以来，犯罪是曼彻斯特地区社会稳定的一大威胁。本文采用的犯罪数据从英国警方公开数据网络服务平台（data.police.uk）下载，为2016年曼彻斯特整个地区的犯罪月度数据。该数据经过去隐私化处理和偏差纠正，可用于犯罪学的学术研究[15]。犯罪数据包括犯罪类型、犯罪地点（经度、纬度）、犯罪城区和犯罪发生时间等信息。本文选取全年的犯罪数据（包含14种犯罪类型，共计361 986条犯罪记录）进行时空分析。各城区犯罪类型和数量统计见表1、2。

表1　犯罪类型与数量

编码	犯罪类型	数量/例	编码	犯罪类型	数量/例
C1	反社会行为	122 319	C8	持枪犯罪	1 607
C2	自行车盗窃	4 555	C9	扰乱公共秩序	18 776
C3	盗窃	29 086	C10	抢劫	4 171
C4	刑事犯罪和纵火	36 363	C11	商店行窃	17 240
C5	毒品犯罪	4 137	C12	个人盗窃	6 540
C6	其他犯罪	4 163	C13	车辆犯罪	24 298
C7	其他偷盗	22 685	C14	暴力和性侵犯	66 175

表2　曼彻斯特10个城区的犯罪数据统计

编码	城区	数量/例	编码	城区	数量/例
P1	Manchester	99 496	P6	Stockport	30 595
P2	Wigan	35 819	P7	Tameside	29 318
P3	Bolton	34 573	P8	Salford	28 554
P4	Oldham	32 660	P9	Bury	20 978
P5	Rochdale	30 596	P10	Trafford	19 397

3　研究结果分析

3.1　实验设计与参数设置

本文采用GTWCLQ V1软件工具（https://doi.org/10.6084/m9.figshare. 16641763），基于2016年曼彻斯特10个城区的犯罪数据进行分析。模型参数设置主要包括空间带宽和蒙特卡罗模拟次数和样本数。考虑到犯罪事件在空间上分布不均衡，主要集中在城市中心地带，因此采用自适应带宽。经过反复试验，本文选定的空间自适应带宽为50阶邻域（$K=50$），时间带宽为固定带宽12个月，蒙特卡洛模拟的抽样样本量设置为1 000，随机迭代次数设置为1 000。本文首先从全局上分析不同城区犯罪类型分布的总体特征，再从局部研究不同城区之间犯罪分布的时空差异，进而得到曼彻斯特不同城区犯罪分布的规律。

3.2　曼彻斯特各城区犯罪类型时空关联全局特征

考虑到篇幅，本文只列举了10个城市同类犯罪之间的全局GTWCLQ值，即同类犯罪的时空自相关程度（表3），可以发现：①所有城区同类犯罪的GTWCLQ值均大于1，说明各城区同类犯罪之间都具有较大程度的时空关联性，即同类犯罪在时空上相互吸引，具有聚集性；②从各个城区（纵向）来看，每个城区同类犯罪的GTWCLQ值各不相同，其中高聚集地区主要包括Bolton、Rochdale和Tameside，中聚集地区主要包括Wigan、Oldham、Stockport和Bury，这些地区经

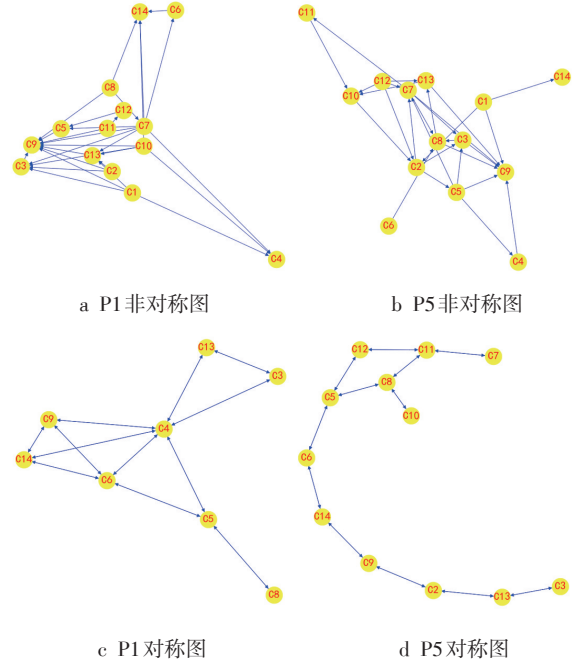
济较好、旅游业相对发达，说明各类犯罪的发生大多集中在人流密度较大的市中心，具有较强的聚集性，低聚集地区主要为Manchester，其平均值最小，说明在该地区各类犯罪的聚集效应不明显，这主要是因为Manchester城区的犯罪较多，城市中心较分散，各类犯罪反而显得不聚集，根据上述信息可对城市进行分类，以制定不同的策略来减少犯罪事件的发生；③从犯罪类型（横向）来看，持枪犯罪的聚集性最强，均值达到32，在8个城区居首位，主要是该类犯罪具有特殊性，需持有武器，一般聚集在城市和乡村交界处，其次是自行车盗窃、毒品犯罪、抢劫和盗窃4类犯罪，在大部分地区的GTWCLQ值都较大，说明这些犯罪类型在大部分城区中具有较强的聚集性，是城市的主要犯罪类型，其发生一般都与周边环境有关，聚集在人流量大的城市中心地带，而反社会行为、暴力和性侵犯的自相关GTWCLQ值都偏小，说明这两类犯罪在各地区的聚集性较弱，主要是由于这两类犯罪的数量非常多，发生地点分散，近似呈随机分布。由上述结果可知，无论是城区还是犯罪类型，犯罪数量越大，同类犯罪的GTWCLQ值就越小，这与CLQ的内涵是一致的。因为CLQ表示的是观测值与预期值的整体关系，数量越大、点越常见，那么将其作为邻近点就不那么“令人惊奇”了[17]。

表3 曼彻斯特10个城区14种犯罪类型自相关的GTWCLQ值

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
C1	1.25	1.15	1.28	1.27	1.18	1.22	1.07	1.20	1.18	1.20
C2	7.27	14.28	42.14	20.21	32.54	13.47	15.32	8.20	19.17	7.62
C3	3.67	3.02	3.23	3.27	3.28	3.81	3.27	3.74	3.27	3.90
C4	3.28	2.38	2.35	2.50	2.64	2.76	2.62	3.03	3.15	2.44
C5	11.67	17.95	19.05	15.26	10.76	16.19	13.43	12.85	13.87	15.44
C6	13.61	12.94	11.78	16.20	12.34	14.82	14.16	12.04	16.27	16.80
C7	2.84	3.79	2.98	3.40	3.85	3.47	4.41	3.73	3.14	3.18
C8	21.43	29.50	37.35	35.25	34.41	40.53	29.55	22.78	32.55	42.09
C9	4.02	4.44	3.92	4.13	3.99	5.95	4.30	4.30	3.01	3.63
C10	8.60	18.24	23.55	12.05	18.35	15.79	18.74	16.75	13.09	17.17
C11	6.72	5.45	7.78	6.60	9.46	5.98	6.93	9.75	7.87	6.52
C12	5.25	22.71	14.04	14.53	27.98	18.03	41.67	20.70	21.51	9.73
C13	4.95	3.70	3.42	3.88	3.24	3.13	3.54	3.48	4.54	4.36
C14	2.11	2.07	1.81	1.93	1.84	1.97	2.02	2.07	1.90	1.94
平均值	6.91	10.12	12.48	10.03	11.85	10.51	11.50	8.90	10.32	9.72

注：表中数据在95%水平下均显著。

本文采用不同类型犯罪之间的对称和非对称关系分析其关联程度，存在对称关系说明两类犯罪之间相互吸引、相互集聚，存在非对称关系则说明两类犯罪之间存在单向吸引。以Manchester和Rochdale两个城区为例，根据全局GTWCLQ结果，从两个城区14类犯罪的GTWCLQ值中选取值同时大于1的犯罪类型作对称图，将其中一个值大于1、另一个值小于1的犯罪类型作非对称图。从城区犯罪类型空间关联来看，不同的城区各类犯罪的时空依赖性有较大区别，在Manchester的不对称依赖关系图中（图1a），C9和C3的指入箭头较多，表明Manchester中这两类犯罪易被其他犯罪类型吸引，即其发生与其他犯罪的发生具有时空关联性；而C11和C12与其他犯罪类型的箭头最少，仅有1条，表明这两类犯罪与其他犯罪类型的时空依赖性较小，C11和C12的发生在时间和空间上都相对独立于其他犯罪类型。Manchester的对称依赖关系图（图1c）表明，部分类型的犯罪具有相互依赖性，如C13、C4、C3三种犯罪与C9、C14、C6三种犯罪之间对称图形成闭环，说明Manchester中这几类犯罪会出现“时空共现”效应，即犯罪发生存在聚集性。由Rochdale的非对称图（图1b）可知，C9的指向箭头最多，表明Rochdale城区中C9能吸引其他犯罪类型，且吸引力都较强；而在Rochdale的对称图（图1d）中，C8、C11、C12与C5之间存在相互依赖关系，表明这些犯罪类型之间存在较强的时空聚集性。根据上述犯罪类型的分布规律，治安部门可针对犯罪类型的特点和发生地进行合理的警力部署。



a P1非对称图　b P5非对称图

c P1对称图　d P5对称图

图1 两个城区犯罪类型空间依赖性的非对称图与对称图

注：箭头表示犯罪相互吸引的方向。

3.3　各城区犯罪类型的局部特征分析

为探究不同城区犯罪类型聚集的时空分布异质性，本文计算了曼彻斯特10个城区犯罪类型分布的局部GTWCLQ，得到城区内所有犯罪点对各犯罪类型的GTWCLQ值。限于篇幅，根据全局GTWCLQ值，本文将选取GTWCLQ值较大的犯罪类型进行局部分析。

1）分析同类犯罪的局部特征。统计分析C2、C5、C10和C12在10个城区中的局部自相关性，并绘制箱线图（图2），可以看出，各类犯罪在不同城市的分布差异较大，从犯罪类型来看，C5和C10在各城区的GTWCLQ值分布较集中，说明这两种犯罪在城区分布模式的时空异质性较小，而C2和C12的分布较分散，说明这两类犯罪在不同城区的时空异质性较大；从不同城区来看，各城区的犯罪类型分布模式各不相同，以P1为例，C2、C10和C12的分布较集中，均值约为8，而C5的均值大于10，且数据分布较分散，说明前3类犯罪的分布较均匀，地区差异不明显，发生的地区比较随机，C5则地区差异较明显，主要集中在某些地方，这也符合毒品犯罪的特点。

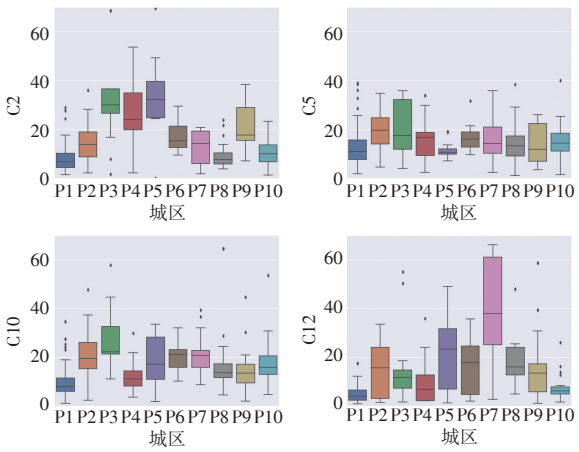


图2　4类犯罪在10个城市的局部GTWCLQ值箱线图

局部的GTWCLQ分析还可以显示各类犯罪在不同地区分布的差异性。在上述4类犯罪的局部GTWCLQ值中选取自相关的局部值大于1，且通过统计显著性检验，低于5%的显著水平下的结果，统计各类犯罪的时空异质性，结果见表4，可以看出，4类犯罪在Manchester都有较强的聚集性，而在Bury的聚集性则较弱，在市区中心有少量聚集区。综上所述，不同犯罪在各城区的分布有较大差异，但集聚点主要在人口密集的区域，因此治安防治时，应根据各类犯罪的分布规律，合理部署警力，达到最优的效果。

表4　曼彻斯特10个城区4类犯罪自相关值分布统计表

城区	C2	C5	C10	C12
Manchester	123	86	163	476
Wigan	20	30	38	17
Bolton	13	26	22	31
Oldham	18	29	21	16
Rochdale	11	15	20	12
Stockport	15	18	21	21
Tameside	10	35	19	8
Salford	42	35	24	19
Bury	6	15	20	25
Trafford	23	12	23	16

2）分析不同犯罪类型之间关联程度的分布差异。本文以Manchester为例，根据全局GTWCLQ结果，选取C1与C9之间的非对称关系以及C3与C4之间的对称关系作其聚集程度分布示意图（图3），可以看出，各类犯罪的空间关联程度在空间分布上存在异质性，从不对称关系来看，C1与C9的吸引关系是不对等的，C1对C9是排斥的，整体表现是分散的，但也存在局部聚集，聚集区域集中在曼彻斯特中北部，经济较发达的地区，而C9对C1具有较强的吸引，即该犯罪的发生通常伴随着反社会行为，聚集点较分散，主要分布在人口稠密的市中心地带；从对称关系来看，C3与C4相互吸引，但吸引程度分布有较大差异，C3伴随C4的地点主要分布在中南部，而C4对C3的强吸引点在中部和北部。

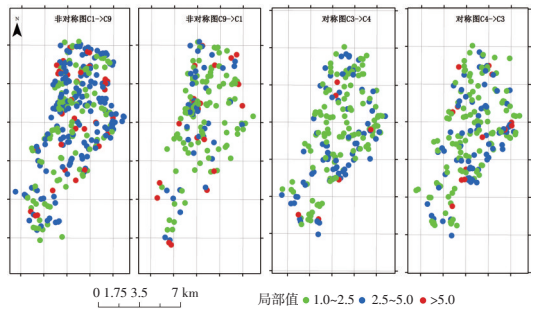


图3　Manchester不同犯罪类型的空间关联局部分布图

4　结　语

犯罪事件的时空关联模式可从内部揭示犯罪之间的相互依赖、相互影响规律，是犯罪时空模式的研究热点。为挖掘不同犯罪类型之间的时空关联模式，本文利用GTWCLQ模型对2016年曼彻斯特10个城区的犯罪类型分布模式进行了研究。

在全局时空特征上，10个城区的同类犯罪都具有

显著的时空自相关性，其全局GTWCLQ值都大于1，说明同类犯罪在时空上具有不同程度的聚集性，对于不同城区而言，同类犯罪高聚集地区主要集中在Bolton、Rochdale和Tameside，说明这些城区总体上各类犯罪具有很强的时空聚集性；不同犯罪类型与其他犯罪类型的空间关联程度存在较大差异，其中Manchester城区C9和C3的发生与其他犯罪的发生具有时空关联性，而C9、C4、C3存在共现效应。在局部时空特征上，10个城区不同犯罪类型的时空关联模式具有较大差异，C2和C5在各城区GTWCLQ的分布较集中，而C10和C12的分布较分散，说明这两类犯罪在不同城区的时空异质性较大。不同犯罪类型之间的空间关联程度在局部分布上具有较大的异质性，其聚集区域存在较大区别，C9对C1的强关联区域分布在人口稠密的市中心地带。

对曼彻斯特犯罪类型的时空关联分析表明，GTWCLQ可从大量时空事件数据中测度不同类型点要素时空关系的强度和方向，并能对时空关联关系的异质性进行可视化，进而挖掘出有用的隐含规律，这对于犯罪地理学的研究是一个很好的补充。同时，犯罪类型之间关联关系的时空动态变化也是犯罪学关注的内容，为犯罪学研究提供了理论依据。限于篇幅，不同犯罪之间的相互关联成果未能一一展示。此外，本文主要研究犯罪类型之间的时空关联模式，没有进一步探讨其发生的影响因素和机理，这些问题将在未来的研究中解决。

参考文献

[1] 王发曾.我国城市犯罪空间防控研究二十年[J].人文地理,2010,25(4):25-30

[2] 张晓,李媛,赵佳明,等.基于GIS的盗窃犯罪稳定时空热点和环境要素分析[J].科技和产业,2023,23(5):208-216

[3] Wang F H,Hu Y J,Wang S,et al. Local Indicator of Colocation Quotient with a Statistical Significance Test: Examining Spatial Association of Crime and Facilities[J]. The Professional Geographer,2016,69(1):22-31

[4] 叶文菁,吴升.基于加权时空关联规则的公交扒窃犯罪模式识别[J].地球信息科学学报,2014,16(4):537-544

[5] Bansal D,Bhambhu L. Execution of Apriori Algorithm of Data Mining Directed Towards Tumultuous Crimes Concerning Women[J]. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering,2013,3(9):54-62

[6] 闫密巧,过仲阳,任浙豪.基于聚类关联规则的公交扒窃犯罪时空分析[J].华东师范大学学报(自然科学版),2017(3):145-152

[7] Leslie T,Kronenfeld B. The Colocation Quotient: A New Measure of Spatial Association Between Categorical Subsets of Points[J]. Geographical Analysis,2011,43(3):306-326

[8] Cromley R G,Hanink D M,Bentley G C. Geographically Weighted Colocation Quotients: Specification and Application[J]. Professional Geographer,2014,66(1):138-148

[9] 孟斌,高丽萍,李若倩.基于协同区位商的北京城市职住要素空间关联[J].地理学报,2021,76(6):1 380-1 393

[10] 汪超,张海峰.西宁市疫情期间口罩投放药店格局及合理性[J].西北师范大学学报(自然科学版),2021,57(5):111-117

[11] 冉钊,周国华,张鸿辉,等.城市健康资源与人口分布空间关联性:以长沙中心城区为例[J].资源科学,2019,41(8):1 488-1 499

[12] Li L,Cheng J Q,Bannister J,et al. Geographically and Temporally Weighted Co-location Quotient: An Analysis of Spatiotemporal Crime Patterns in Greater Manchester[J]. International Journal of Geographical Information Science,2022,36(5):918-942

[13] 柳林,姜超,周素红,等.城市入室盗窃犯罪的多尺度时空格局分析:基于中国H市DP半岛的案例研究[J].地理研究,2017,36(12):2 451-2 464

[14] 叶文菁,吴升.基于加权时空关联规则的公交扒窃犯罪模式识别[J].地球信息科学学报,2014,16(4):537-544

[15] 陈曼,吴曙雯,闫嘉琪,等.2014—2015年杭州市入室盗窃犯罪时空分布分析[J].地理空间信息,2017,15(12):63-66

[16] Tompson L,Johnson S,Ashby M,et al. UK Open Source Crime Data: Accuracy and Possibilities for Research[J]. Cartography and Geographic Information Science,2014,42(2):97-111

[17] 纵清华.基于GIS的犯罪模式分析研究:以上海市长宁区为例[D].上海:华东师范大学,2016