

许剑辉, 舒 红, 刘 艳. 2000–2010 年新疆雪灾时空自相关分析[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 221–227. [ Xu Jianhui, Shu Hong and Liu Yan. Spatio-Temporal Autocorrelation of Snow Disasters in Xinjiang from 2000 to 2010[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 221–227. ]

# 2000–2010 年新疆雪灾时空自相关分析<sup>\*</sup>

许剑辉<sup>1</sup>, 舒 红<sup>1</sup>, 刘 艳<sup>2</sup>

(1. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079;  
2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘 要:** 对新疆 2000–2010 年雪灾监测数据进行统计分析, 利用时空自相关方法对新疆雪灾进行时空自相关分析, 探讨了雪灾的时空演变特征。研究表明, 新疆雪灾主要发生在 1 月和 2 月, 分布在北疆地区; 不同时间尺度的雪灾的发生具有显著的空间自相关性, 呈现显著的聚集模式; 雪灾高聚集的区域主要集中在北疆, 而雪灾低聚集的区域主要分布在南疆; 对相邻的月份来说, 上一月份发生的雪灾对下一月份的雪灾有直接影响, 即上一个月雪灾高聚集的区域在下一个月也很有可能是雪灾高聚集的区域; 随着两个月份相隔的时间越长, 上月份的雪灾对下月份雪灾的影响不大。

**关键词:** 雪灾; 新疆; Moran's I; 时空自相关分析

**中图分类号:** P429; X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000–811X(2014)01–0221–07  
**doi:** 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.01.039

气象灾害是一种主要自然灾害, 雪灾属于我国的典型气象灾害。在我国西部干旱半干旱地区, 积雪是重要的水资源补给方式, 我国西部地区河流流量的补给主要来自融雪径流<sup>[1]</sup>。然而, 大范围持续的积雪可能导致大面积深层雪盖和雪崩等雪灾的发生。雪灾的发生对新疆地区的交通、铁路、电力、通信和农牧业等带来诸多负面影响, 对人类生命财产和社会经济建设等造成直接或间接的损失<sup>[2]</sup>。目前, 雪灾已成为新疆地区主要的自然灾害之一, 严重影响新疆畜牧业的可持续发展。

近年来, 国内外学者提出了不同的方法对雪灾进行评价、监测和预测<sup>[3–5]</sup>。Nakai 等<sup>[5]</sup>提出雪灾预测系统应具有预测潜在雪崩、道路上积雪状况的能力。梁天刚、刘兴元等利用积雪地区的雪情、草情、畜情和气象等因子的空间分布特征建立了畜牧区雪灾评价模型和雪灾损失模型<sup>[6–8]</sup>。刘兴元、梁天刚等提出了利用 NOAA 卫星数据和地面观测资料, 为新疆阿勒泰地区构建基于 3S 技术的雪灾监测系统<sup>[1,6,9]</sup>。然而, 由于大气环流和地区下垫面的复杂性导致雪灾的发生具有时空不确定性, 难以对雪灾实现大范围监测。而空间自相关分析能较好地揭示研究对象内在的空间特性,

已经广泛应用于分析、监测环境、灾害的空间分布特征<sup>[2,10–13]</sup>。由于空间自相关分析只能探索某一时刻区域变量空间分布的聚集情况, 并不能给出区域变量的时空自相关特性。Matkan 等<sup>[14]</sup>和 Astutik 等<sup>[15]</sup>分别利用双变量全局和局部空间 Moran's I 检测交通事故发生频率和登革出血热疾病的时空自相关性。本文的目的是探索新疆 2000–2010 年发生雪灾的时空自相关性, 调查区域雪灾呈现时空分布模式。利用空间 Moran's I 和时空 Moran's I 方法分析年、月雪灾频率的空间和时间自相关性, 挖掘雪灾的时空演变规律。

## 1 时空自相关

### 1.1 全局时空 Moran's I

空间 Moran's I 只分析了变量在空间维上的自相关, 并没有考虑变量在空间–时间维上的自相关。1985 年 Wartenberg 提出了利用时空 Moran's I (Spatio-Temporal Moran's I, STI) 分析变量的时空结构<sup>[16]</sup>。时空 Moran's I 与 Anselin 等 2002 年提出的全局双变量 Moran's I<sup>[17]</sup>类似, 可以认为时空自

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2013–05–17      修回日期: 2013–06–23

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106007); 民政部减灾和应急工程重点实验室/资助机构开放基金资助项目(LDRE-RE20120203); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2012619020202); 地理空间信息工程国家测绘地理信息局重点实验室开放研究基金资助项目(201329)

作者简介: 许剑辉(1984–), 男, 广东罗定人, 博士研究生, 主要从事时空统计与数据同化研究。E-mail: xujianhui306@163.com

相关是双变量空间自相关的一种特殊情况。时空 Moran's I 通过计算  $t-k$  时刻的原始变量  $x$  与  $t$  时刻的空间滞后  $Wx_t$  之间可能存在的关系 ( $k$  为时间滞后的顺序), 量化区域  $i$  的变量  $x$  在  $t-k$  时刻的变化对  $t$  时刻区域  $i$  周围的变量  $x$  的影响 ( $Wx_t$ )。全局 Moran's I 时空自相关指数的计算如下<sup>[16,18]</sup>:

$$STI_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{t-k,t} \omega_{ij} (x_{i,t-k} - \overline{x_{t-k}}) (x_{j,t} - \overline{x_t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i,t-k} - \overline{x_{t-k}})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i,t} - \overline{x_t})^2}} \quad (1)$$

式中:  $n$  为区域数目;  $x_{i,t-k}$  为区域  $i$  在  $t-k$  时刻的雪灾频率;  $\overline{x_{t-k}}$  为所有区域在  $t-k$  时刻的雪灾频率的平均值;  $x_{j,t}$  为区域  $j$  在  $t$  时刻的雪灾频率;  $\overline{x_t}$  为所有区域在  $t$  时刻的雪灾频率的平均值;  $\omega_{t-k,t}$  为  $t-k$  时刻到  $t$  时刻的时间权重, 这里设置为 1;  $\omega_{ij}$  为空间权重矩阵  $W$  的一个元素。  $W$  是行标准化的空间权重矩阵, 用来量化周围区域之间的邻近程度。当时间滞后  $k$  等于 0 时, 全局时空 Moran's I 指数就变成全局单变量 Moran's I 指数。

$STI_k$  的取值范围在 -1 和 1 之间,  $STI_k$  为正值表示正相关,  $STI_k$  为负值表示负相关,  $STI_k$  为零值表示不相关。  $STI_k$  的值越大, 表示区域雪灾频率的时空相关性越强, 反之值越小区域雪灾频率的时空相关性越弱。区域单元的雪灾频率的时空自相关的显著性水平可以利用标准化统计量  $Z$  值来检验:

$$Z = \frac{STI_k - E(STI_k)}{\sqrt{VAR(STI_k)}} \quad (2)$$

显著性水平可以由标准化统计量  $Z$  值的  $p$  值 ( $p$ -value) 确定。在  $p = 0.05$  显著性水平下, 当  $Z > 1.96$ , 表示雪灾频率具有正的时空自相关, 时空分布呈现聚集状态; 当  $Z < -1.96$ , 表示雪灾频率具有负的时空自相关, 时空分布呈现离散状态; 当  $-1.96 < Z < 1.96$ , 表示雪灾频率的时空自相关不显著, 时空分布呈现随机状态。

1.2 局部时空 Moran's I

全局时空 Moran's I 统计值只能整体上探测区域雪灾频率的时空聚集性, 无法提供具体聚集区域的相关信息。对于雪灾频率的具体时空聚集情况可以采用局部时空 Moran's I 统计值来描述<sup>[18-19]</sup>:

$$PSTI_{i,k} = \frac{n \omega_{t-k,t} (x_{i,t-k} - \overline{x_{t-k}}) \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_{j,t} - \overline{x_t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i,t-k} - \overline{x_{t-k}})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i,t} - \overline{x_t})^2}} \quad (3)$$

式中: 时间权重  $\omega_{t-k,t}$  和空间权重  $\omega_{ij}$  分别与全局时

空 Moran's I 中的  $\omega_{t-k,t}$  和  $\omega_{ij}$  一样; 局部时空 Moran's I 自相关性的检验方法与前面全局时空自相关的检验方法一致。局部时空 Moran's I 统计值表示局部区域的雪灾频率在  $t-k$  时刻和周围区域的雪灾频率在  $t$  时刻的相似性程度。利用时空过程的 Moran 散点图 (横轴为  $t-k$  时刻的雪灾频率, 纵轴为  $t$  时刻的空间滞后  $Wx_t$ ) 将自相关区域表示为 4 种不同的聚集模式: 高高正自相关 (HH) 表示某一区域在  $t-k$  时刻和周围区域在  $t$  时刻的雪灾频率都较高; 低低正自相关 (LL) 表示某一区域在  $t-k$  时刻和周围区域在  $t$  时刻的雪灾频率都较低; 高低负自相关 (HL) 表示某一区域在  $t-k$  时刻的雪灾频率较高, 而周围区域在  $t$  时刻的雪灾频率较低; 低高负自相关 (LH) 表示某一区域在  $t-k$  时刻的雪灾频率较低, 而周围区域在  $t$  时刻的雪灾频率较高。

2 实验结果与分析

2.1 研究区域

新疆位于亚欧大陆中部, 中国的西北部, 总面积达到 166.04 万  $\text{km}^2$ , 地理位置为  $73^\circ 40' \sim 96^\circ 18' \text{E}$ ,  $34^\circ 25' \sim 48^\circ 10' \text{N}$ 。新疆的地形复杂, 气候多变, 属于温带大陆性气候, 属于中国三大雪灾常发地之一。本研究收集了 2000-2010 年间新疆各县市所发生的雪灾次数, 并按照年、月时间尺度统计每个县/市 11 年间发生雪灾的总次数 (图 1) 和雪灾频率。2000-2010 年间, 新疆总共发生了 344 次雪灾。其中, 雪灾频率大于 0.5 次/年有 22 个区县; 雪灾频率大于 1 次/年的县有 10 个, 也就是说这 10 个县基本上每年都会发生一次雪灾。雪灾频率最大的县是新源县, 达到了 1.91 次/年, 其次分别为乌鲁木齐县、裕民县、额敏县、塔城市、富蕴县、阿勒泰市、尼勒克县、伊宁县和乌苏市。从图 1 可以看出, 雪灾主要发生在新疆北疆地区。11-12 月份, 雪灾主要集中在北疆区域; 1-2 月份, 雪灾主要集中在北疆, 南疆发生少量的雪灾; 3 月份雪灾发生的区域比较离散, 而且雪灾次数不多 (这里主要显示新疆 11 月-次年 3 月雪灾的空间分布情况)。

图 2 中显示了 2000-2010 年间新疆每年发生雪灾的累计次数, 其中 2010 年雪灾达到了 92 次。尽管 2002-2004 年和 2007 年, 新疆雪灾发生次数比较少, 不超过 13 次, 但是从总体上看, 新疆的雪灾频率呈现不断增加现象。新疆的月累积雪灾次数在时间分布上呈现不同的季节性 (图 3)。在

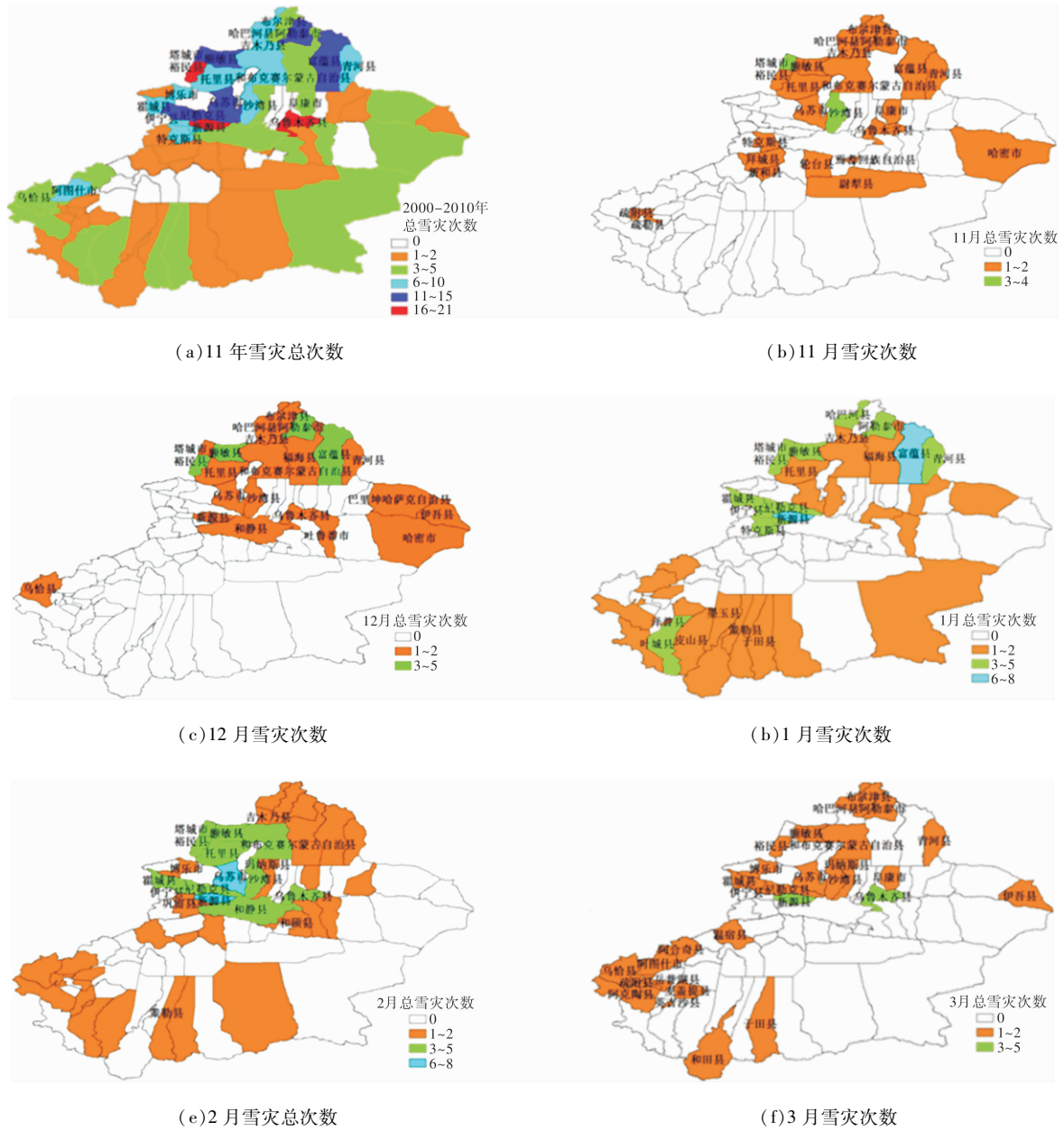


图 1 2000 - 2010 年间雪灾次数空间分布图

这 11 年期间, 1 月份和 2 月份雪灾累计次数最大, 分别达到 94 次(占雪灾总次数的 27.33%)和 96 次(占雪灾总次数的 27.91%)。11 月份、12 月份和

三月份累计雪灾次数差不多, 不到 1 月份和 2 月份雪灾次数的一半。新疆的雪灾主要发生在冬季(新疆冬季时间范围是 11 - 次年 3 月), 累计共 314 次

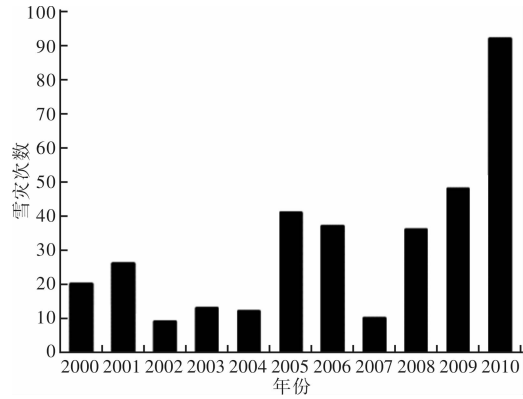


图 2 2000 - 2010 年年累计雪灾次数的时间变化

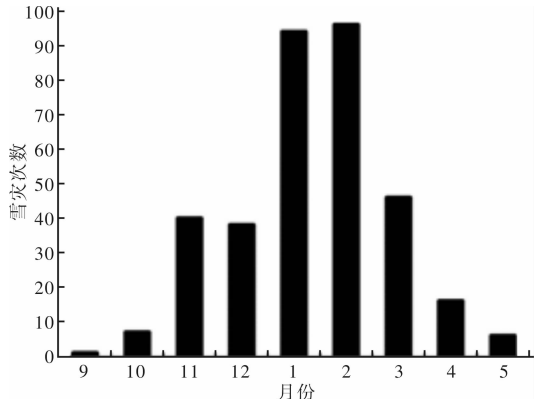


图 3 2000 - 2010 年月累计雪灾次数的时间变化

雪灾(占雪灾总次数的 91.28%)。春季(4-6 月)发生的雪灾频率较少,仅占 9.59%。

2.2 空间自相关分析

2.2.1 全局空间自相关分析

利用 GeoDA<sup>[20]</sup> 分别计算新疆地区年、月雪灾频率的全局空间自相关系数,结果如表 1 所示。2000-2010 年年雪灾频率对应的全局 Moran's I 为正值,Z 值为 4.893 2,*p* 值小于 0.001,这表明区域年雪灾频率具有很强的空间自相关性。11-次年 2 月月雪灾频率的全局 Moran's I 统计值具有类似的结果。这说明新疆年、月雪灾频率的分布总体上具有显著的空间聚集模式。然而 3 月雪灾频率的全局 Moran's I 接近于 0,且 *p* 值为 0.409,全局空间自相关不具有显著性,空间分布呈现随机模式。这是因为 3 月份气温回升,积雪消融,难以形成大范围的雪灾。

表 1 雪灾频率的全局空间自相关分析结果(2000-2010 年)

变量	Moran's I	Z 值	<i>p</i> 值	模式
2000-2010 年雪灾频率	0.319 2	4.893 2	<0.001	聚集
11 月雪灾频率	0.270 2	4.143 3	0.011	聚集
12 月雪灾频率	0.399 7	5.851 9	<0.001	聚集
1 月雪灾频率	0.335 5	5.183 4	<0.001	聚集
2 月雪灾频率	0.353 8	5.612 1	<0.001	聚集
3 月雪灾频率	0.005 4	0.148 5	0.409	随机

2.2.2 局部空间自相关分析

利用局部空间 Moran's I 统计指标进一步分析雪灾频率区域分布的时空演变特征。利用 GeoDA<sup>[20]</sup> 分别计算出年、月雪灾频率在不同区域的 Moran's I 指数,并进行显著性检验(*p* < 0.05),得到 2000-2010 年新疆雪灾频率的局部空间 Moran's I 聚集图(图 4)。从图 4a 可以看出在这 11 年间,显著高雪灾频率聚集区域比较分散,北疆有 13 个县为雪灾频率高值聚集区域,而南疆只有 6 个。乌鲁木齐县表现为显著的高-低异常模式,因为乌鲁木齐县周围地区如米泉市、呼图壁县和昌吉市都没有发生过雪灾,其他区域发生雪灾的频率也比较低。11 月份,新疆北疆的塔城地区和阿勒泰地区呈现显著的雪灾频率高值聚集模式,这些区域主要包括塔城市、额敏县、裕民县、托里县、哈巴河县、布尔津县和吉木乃县(图 4b)。显著的高低和低高异常模式的区域零星分布。12 月份,高低和低高异常模式的区域减少为 2 个,而雪灾频率高值聚集的区域变化不大,福海县变成了高值

聚集的区域(图 4c)。1 月份时,北疆雪灾频率高值聚集区域在向南转移,雪灾主要集中在伊宁县、尼勒克县、巩留县和新源县(图 4d)。在 1 月份积雪的不断累积情况下,2 月份北疆在 1 月份雪灾高集聚的区域的基础上形成两个更大的雪灾频率高值聚集区域(图 4e)。3 月份,气温上升,降雪量减少,积雪开始融化,使得雪灾发生的概率减少。雪灾频率高值聚集的区域减少到 3 个(伊宁县、乌恰县和疏附县),高低和低高异常的区域比较分散(图 4f)。

2.3 时空自相关分析

2.3.1 全局时空自相关分析

全局时空 Moran's I 统计指标描述了当前月的雪灾频率与下一个月雪灾频率的空间滞后之间的时空自相关程度,结果如表 2 所示。11-次年 2 月期间,相邻月份的全局 Moran's I 为正值,Z 值都大于 1.96,*p* 值小于 0.001,这表明区域相邻月份的雪灾频率具有很强的时空自相关性,具有显著的时空聚集模式,这也可以看出 11-次年 2 月属于积雪的累积时期。随着时间步长的增加,全局 Moran's I 值在逐步减少,Z 值也在逐步减少,*p* 值逐步增加。表明上一时刻的雪灾对下一时刻雪灾的影响随着两个时刻的时间间隔的增加而减少,如 11 月雪灾频率与 3 月雪灾频率的 Moran's I 指数为负,不具有显著性水平,即 11 月发生的雪灾对下一年 3 月份的雪灾没有影响。其他月份与 3 月份的全局 Moran's I 指标值都比较小,这是因为 3 月份为积雪消融期,雪灾频率较少,且发生雪灾的区域离散分布。

2.3.2 局部时空自相关分析

全局时空 Moran's I 分析描述了雪灾频率整体的时空模式,更多的关于区域的雪灾频率的具体聚集模式由局部时空 Moran's I 提供。图 5 中显示了相邻月份的雪灾频率的局部时空聚集图,这些局部时空聚集模式图都通过显著性检验(*p* < 0.05)。高-高和低-低的区域(正的局部空间自相关)表示空间聚集,而高-低和低-高的区域(负的局部空间自相关)表示空间异常。高-高的聚集模式表示在当前月份具有高雪灾频率的区域的周围在下一月份的雪灾频率也高,低-低的聚集模式表示在当前月份具有低雪灾频率的区域的周围在下一月份的雪灾频率也低。如从图 5a 可以看出高-高聚集模式的区域有 6 个,主要集中在塔城地区(裕民县、托里县、塔城市和额敏县)和阿勒泰地区(吉木乃县和布尔津县);低-低聚集的

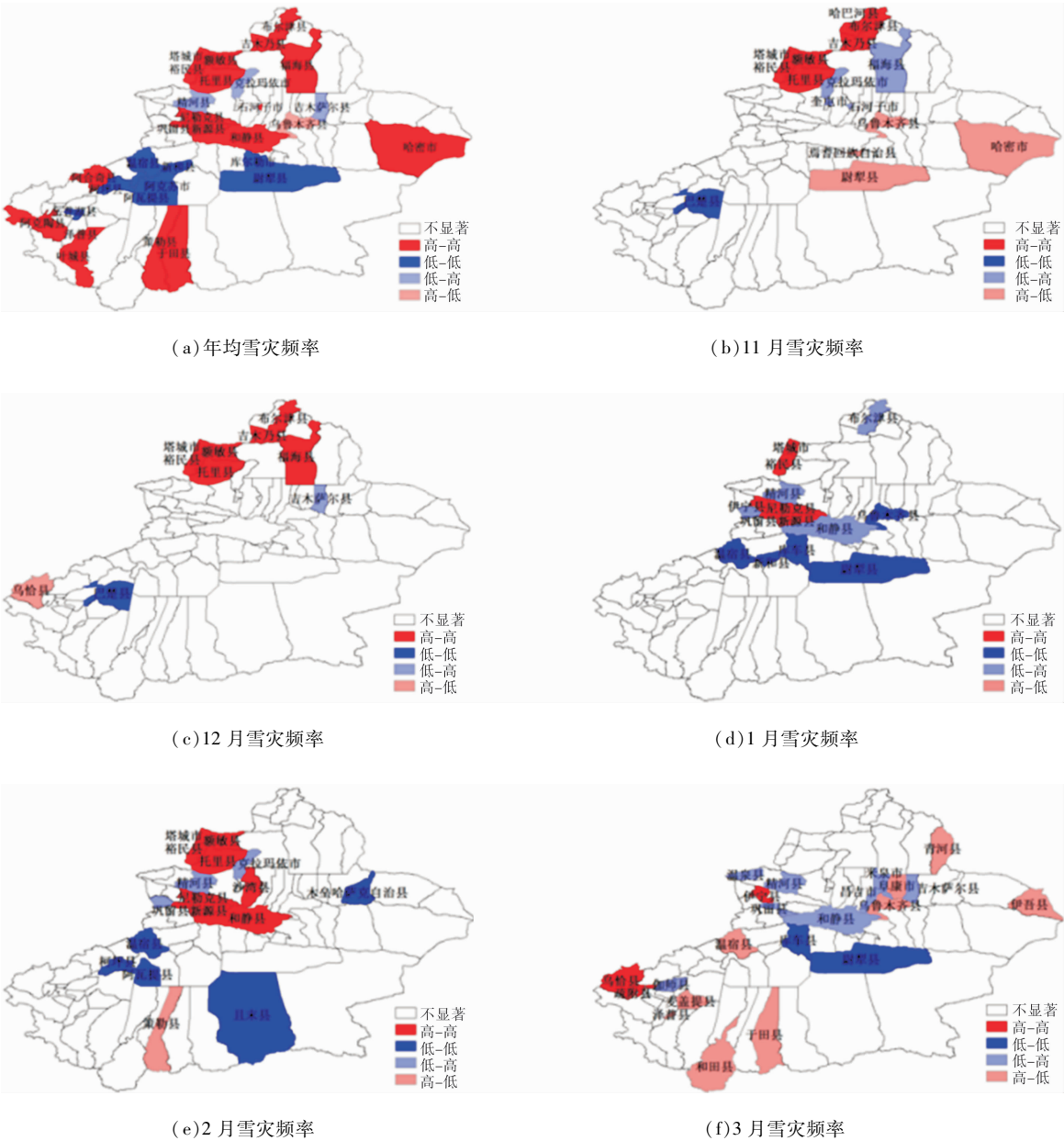


图4 2000 - 2010 年雪灾频率局部空间 Moran's I 聚集模式图

表 2雪灾的全局时空自相关分析结果(11 月 - 次年 3 月)

原始变量	空间滞后	Moran's I	Z 值	p 值
11 月雪灾频率	12 月雪灾频率	0.376 0	6.565 2	<0.001
11 月雪灾频率	1 月雪灾频率	0.134 2	2.546 7	0.011
11 月雪灾频率	2 月雪灾频率	0.113 4	2.136 6	0.027
11 月雪灾频率	3 月雪灾频率	-0.051 4	-0.988 9	0.153
12 月雪灾频率	1 月雪灾频率	0.214 6	3.898 6	<0.001
12 月雪灾频率	2 月雪灾频率	0.175 6	3.224 6	0.005
12 月雪灾频率	3 月雪灾频率	-0.018 4	-0.257 8	0.432
1 月雪灾频率	2 月雪灾频率	0.237 4	4.139 8	<0.001
1 月雪灾频率	3 月雪灾频率	0.000 4	0.031 9	0.472
2 月雪灾频率	3 月雪灾频率	0.083 7	1.620 9	0.058

地区只有一个,巴楚县。12 月 - 次年 1 月,雪灾

聚集地往新疆北疆的南边转移,高高聚集的地区除了保持原来的塔城市和裕民县外,增加了和静县和新源县两个高雪灾频率聚集地(图 5b)。从 1 月份到 2 月份,雪灾频率高值聚集区域并没有减少,而是增加到 7 个,形成两个高值聚集群(图 5c)。从 2 月份到 3 月份,雪灾频率高值聚集区域只有和静县一个地区(图 5d)。局部时空聚集模式表明上一月份发生雪灾的地区在下一月份也发生雪灾的概率很大。如图 5c 所示,1 月份雪灾发生频率高聚集的区域(如塔城市、额敏县、裕民县、托里县、尼勒克县、巩留县和新源县)在 2 月份也有很大的可能是高值聚集的区域。从图 4d 和图 4e 的雪灾频率局部空间 Moran's I 聚集图也可以看出类似的结果。



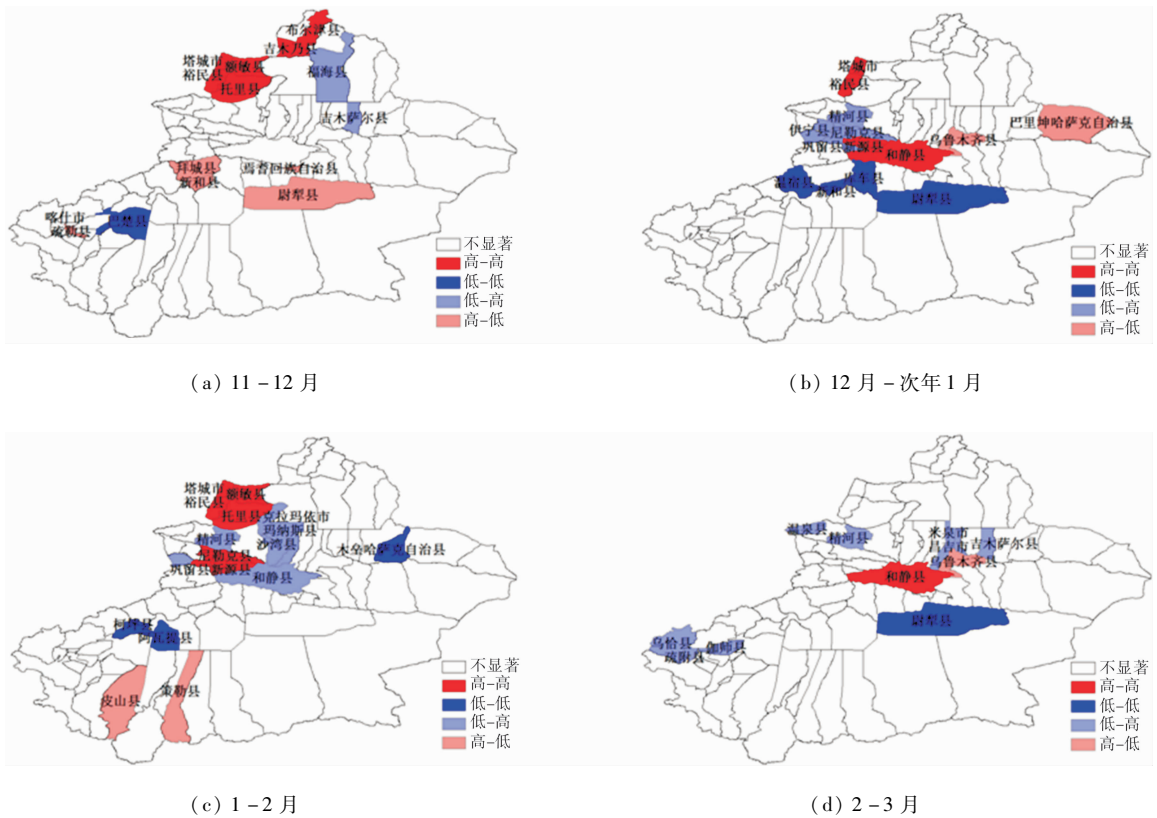


图5 雪灾局部时空 Moran's I 聚集模式图

3 结论

本研究以新疆雪灾为研究对象，分析了2000-2010年间新疆各县雪灾的时空演变特征。11年来，新疆年雪灾累计次数总体上呈上升趋势，雪灾发生时间主要集中在1月份和2月份，但县间的差异较大。从多年雪灾累计次数来看，新疆雪灾主要分布在北疆地区。从月雪灾累计次数来看，不同的月份，雪灾分布的区域不一样，11-12月雪灾主要集中在北疆，南疆几乎没有发生雪灾；1-2月份雪灾主要集中在北疆，但是南疆雪灾次数增加。利用空间自相关方法分析发现，新疆年、月雪灾频率(除了3月份)在空间上呈现显著的聚集现象，雪灾高聚集地从北疆最北部往北疆南部转移，主要形成阿勒泰地区、塔城地区和伊犁地区三大显著高雪灾频率聚集地。雪灾低值聚集的区域主要分布在南疆。利用时空自相关方法分析发现，上一月份的雪灾对下一月份的雪灾有影响，也就是说上月的雪灾高值聚集地区很有可能是下月雪灾高值聚集地区。由于3月份是积雪消融期，雪灾发生频率比较低，因此，3月份新疆的雪灾并没有呈现出聚集模式；其他月份的雪灾对3月份的雪灾影响不大。

参考文献：

[1] 刘兴元, 陈全功, 梁天刚, 等. 新疆阿勒泰牧区雪灾遥感监测体系构建与灾害评价系统研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 215-220.

[2] 王臻, 张晓东, 苏伟, 等. 中国三大自然灾害空间自相关特征[J]. 农业工程学报, 2010, 26(Supp 2): 302-306.

[3] Wu J D, Li N, Yang H J, et al. Risk evaluation of heavy snow disasters using BP artificial neural network: the case of Xilingol in Inner Mongolia [J]. STOCHASTIC ENVIRONMENTAL RESEARCH AND RISK ASSESSMENT, 2008, 22(6): 719-725.

[4] Nie J, Cheng Y Y, Li W B, et al. The study on disaster assessment of snow in pastoral areas based on remote sensing data[M]. BELLINGHAM: SPIE-INT SOC OPTICAL ENGINEERING, 2011: 8002.

[5] Nakai S, Sato T, Sato A, et al. A Snow Disaster Forecasting System (SDFS) constructed from field observations and laboratory experiments[J]. COLD REGIONS SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2012, 70: 53-61.

[6] 梁天刚, 高新华, 刘兴元. 阿勒泰地区雪灾遥感监测模型与评价方法[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2272-2276.

[7] 刘兴元, 梁天刚, 郭正刚. 雪灾对草地畜牧业影响的评价模型及方法研究——以新疆阿勒泰地区为例[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 94-99.

[8] Tiangang L, Xingyuan L, Caixia W, et al. An evaluation approach for snow disasters in the pastoral areas of northern Xinjiang, PR China[J]. NEW ZEALAND JOURNAL OF AGRICUL-

TURAL RESEARCH, 2007, 50(3): 369 - 380.

[9] 刘兴元, 梁天刚, 郭正刚, 等. 阿勒泰地区草地畜牧业雪灾的遥感监测与评价[J]. 草业学报, 2003, 12(6): 115 - 120.

[10] Su W, Zhang X D, Wang Z, et al. Analyzing disaster-forming environments and the spatial distribution of flood disasters and snow disasters that occurred in China from 1949 to 2000[J]. MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING, 2011, 54 (3/4): 1069 - 1078.

[11] 恭映璧, 李春华, 胡日利. 50 年来长沙市湿地时空变化及空间自相关分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28 (14): 269 - 274.

[12] 操信春, 吴普特, 王玉宝, 等. 中国灌区水分生产率及其时空差异分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(13): 1 - 7.

[13] Borden K A, Cutter S L. Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH GEOGRAPHICS, 2008, 7(64): 1 - 13.

[14] Matkan A A, Mohaymany A S, Shahri M, et al. Detecting the spatial-temporal autocorrelation among crash frequencies in urban areas[J]. Can. J. Civ. Eng., 2013, 40: 195 - 203.

[15] Astutik S, Rahayudi B, Iskandar A, et al. Detection of spatial-temporal autocorrelation using multivariate moran and lisa method on Dengue Hemorrhagic Fever ( DHF ) incidence, East Java, Indonesia[J]. European Journal of Scientific Research, 2011, 49 (2): 279 - 285.

[16] Wartenberg D. Multivariate spatial correlation-a method for exploratory geographical analysis[J]. geographical analysis. 1985, 17 (4): 263 - 283.

[17] Anselin, L, I Syabri, and O Smirnov. Visualizing Multivariate Spatial Correlation with Dynamically Linked Windows. In New Tools for Spatial Data Analysis; Proceedings of the Specialist Meeting, edited by L. Anselin and S. Rey. Santa Barbara, CA: Center for Spatially Integrated Social Science, University of California, 2002.

[18] Lopez F, Chasco C. Time-trend in spatial dependence: specification strategy in the first-order spatial autoregressive model[J]. Estudios De Economia Aplicada, 2007, 25(2): 1 - 16.

[19] Anselin L. Local indicators of spatial association-lisa[J]. geographical analysis, 1995, 27(2): 93 - 115.

[20] Anselin L, Sridharan S, Gholston S. Using exploratory spatial data analysis to leverage social indicator databases: The discovery of interesting patterns [ J ]. SOCIAL INDICATORS RESEARCH, 2007, 82(2): 287 - 309.

# Spatio-Temporal Autocorrelation of Snow Disasters in Xinjiang from 2000 to 2010

Xu Jianhui<sup>1</sup>, Shu Hong<sup>1</sup> and Liu Yan<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** Based on statistical analysis on monitoring data of snow disasters from 2000 to 2010 in Xinjiang, and by using spatio-temporal autocorrelation analysis, the snow disasters are analyzed and their spatio-temporal clustered patterns are explored. The results show that snow disaster that occurs frequently in January and February mainly distributes in Northern Xinjiang. The snow disaster frequencies in different time scales show significant spatial autocorrelation and clustering patterns. The regions with high-high frequencies of snow disasters mainly center on the Northern Xinjiang, while some other regions with low-low frequencies distribute on the Southern Xinjiang. The snow disasters in the current month can affect directly the snow disasters in the next month. In other words, the clustered regions with high snow disaster frequency in the previous month may also be the clustered regions with high values in the next month. However, the influence of the previous snow disaster case on the next snow disaster case gradually decreases with the increasing time intervals between the two months.

**Key words:** snow disaster; Xinjiang; Moran's I; spatio-temporal autocorrelation analysis