



土地利用视角空气污染空间分异的地理分析

邹 滨¹ 许 珊¹ 张 静¹

1 中南大学地球科学与信息物理学院,湖南 长沙,410083

摘 要:针对土地利用/覆盖(land-use and land-cover, LULC)方式是否影响城市空气污染空间分异特征形成的问题,利用遥感技术和景观生态学方法分别获取长株潭城市群核心区 LULC 及其景观格局,绘制空气污染物浓度与气象影响因子空间分异图,引入地理探测器定量分析土地因子在融合气象要素前后对 NO₂、PM₁₀、O₃、PM_{2.5} 浓度空间分布差异的贡献强度。结果表明,建设用地面积比例越高,林地越低,NO₂、PM_{2.5} 浓度越高,O₃ 越低。非建设用地区域,污染物浓度随着土地景观格局破碎度、多样性指数值增大而升高,建设用地区域反之。LULC 和土地景观格局的复合因子贡献力($P: 0.03 \sim 0.28$)高于两者任意单独因子贡献力($P: 0.01 \sim 0.11$),融合气象要素后,LULC 对空气污染物空间分异特征形成的因子贡献力($P: 0.18 \sim 0.53$)显著增强。

关键词:土地利用/覆盖;景观;气象;地理探测;空气污染

中图法分类号:P208

文献标志码:A

空气污染作为全球十大环境污染之首无时无刻不在影响人类的生活与健康^[1,2]。当前在空气污染防控和人群健康损害规避措施制定过程中,难以全面了解空气污染空间分布差异与成因。揭示城市空气污染空间分异特征、格局与成因成为研究人员共同面临的科学课题。

国内外迄今已报道的空气污染空间分异特征与成因研究方法,主要有经验统计分析和模型模拟法。相关性分析、趋势检验等技术^[3-5]能较好实现空气污染与相关因子的定性关联,但无法量化不同因子的贡献大小。模型模拟可从污染源排放-传输角度动态追踪污染物扩散和输送的过程,明确解释和预测污染与各驱动因子的空间交互作用^[6-9],但存在稳定性与精度随研究区改变而变化、模型需求的高分辨率污染排放清单、气象数据难以获取等问题。

运用宏观尺度土地利用/覆盖(land-use and land-cover, LULC)与微观尺度景观格局差异间接表征污染排放空间特征的方式已经被广泛认可^[4,9,10]。用于挖掘目标空间数据时空关联特性的 GIS (geographic information system) 空间分析为识别多元地理要素对空气污染的驱动机制提

供了新的手段。地理探测器为从土地利用视角解释城市空气污染空间分异特征的成因提供了重要的技术支撑^[11]。

以长沙市(长)、株洲市(株)、湘潭市(潭)城市群为对象,本文在综合运用 GIS 和 RS (remote sensing) 技术实现污染物浓度及其影响因素空间分异制图的基础上,借助地理探测思想从宏观尺度 LULC 和微观尺度景观格局两方面定量分析、比较融合气象因子前后的土地因子对区内典型空气污染物 NO₂、PM₁₀、O₃、PM_{2.5} 浓度空间分布格局形成的贡献大小。

1 长株潭概况与数据源

研究区包含长株潭三市的 16 个区/县级行政单位,约 3 452 km²。以湘江为界,北部平坦开阔,中部为低平冲积平原,其它为丘陵低山,全年以亚热带季风为主^[12,13],空气污染扩散条件较差。区内自然人文景观类型多样,道路通达性好,2013 年底城镇化率接近 61.0%,“灰霾”天气常见,污染防治迫在眉睫。

数据采自美国地质调查局 2013 年 7 月 31 日

收稿日期:2015-07-17

项目资助:国家自然科学基金(41201384);地理国情监测国家测绘地理信息局重点实验室(2014NGCM01)。

第一作者:邹滨,博士,副教授,从事遥感大气污染制图研究。210010@csu.edu.cn

通讯作者:许珊,硕士。936068568@qq.com

空间分辨率 30 m 的 Landsat8 影像,湖南省环保厅发布的研究区 23 个监测点 NO_2 、 PM_{10} 、 O_3 、 $\text{PM}_{2.5}$ 小时观测浓度和湖南省气象局发布的 18 个监测点同年温度、湿度、降水、风速均值和风向频率统计值。空气质量监测点采样高度为 3~15 m,温度、湿度监测仪器、风速测定仪、雨量器分别距地约 1.5 m、10 m、0.7 m。研究区与监测点分布见图 1。

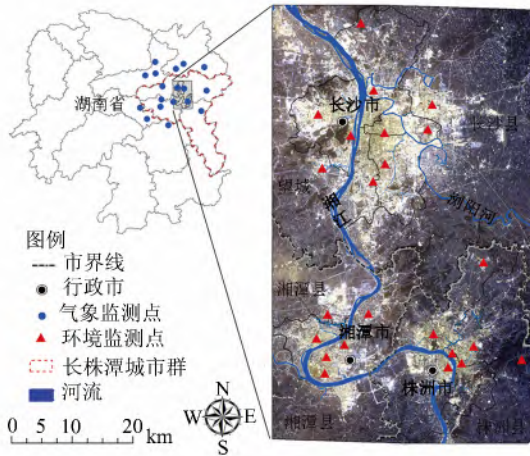


图 1 研究区及监测点位置

Fig. 1 Study Area and Monitoring Stations

2 空间制图与地理探测方法

2.1 空气污染与气象因子制图

采用综合比较平均绝对误差、均方根误差和拟合优度确定反距离加权为空气污染浓度与气象因子空间分异特征制图的方法。依据空气质量评价定义,选定 1 000m 为污染物浓度与气象因子制图的空间分辨率,绘制年均 NO_2 、 PM_{10} 、 O_3 、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度和温度、湿度、降水、风速的空间分布差异图。

2.2 LULC 遥感分类与景观格局可视化

首先对 Landsat8 影像利用 ENVI 软件完成大气校正、几何校正、镶嵌和裁剪,然后依据 LULC 特征,采用最大似然法监督分类将预处理影像分为裸地、建设用地、耕地、林地、绿地、道路和水域。用同期资源 3 号卫星影像数据检验,分类精度达 83.57%。利用 ArcGIS 对分类结果按 1 000 m 格网尺寸重采样,计算每个格网内不同 LULC 类型面积占比,生成占比空间分异图。

景观指数是从微观尺度表征 LULC 要素空间配置关系的有效指标^[12,13]。选取景观级别蔓延度(contagion index, CONTAG)、最大斑块指数(largest patch index, LPI)、周长面积分维数(perimeter-area fractal dimension, PAFRAC)、

多样性指数(shannon's diversity index, SHDI),应用 Fragstats 移动窗口法计算、绘制各景观指数空间分异图。CONTAG 反映景观中不同斑块类型的连通、聚集程度,值越小斑块离散程度越高。LPI 值大小决定景观中优势种丰度等生态特征,反映人类活动方向和强弱。PAFRAC 表示景观形状复杂程度,值越大形状越复杂,景观破碎程度越高。SHDI 反映景观类型多样性大小,值越高,土地利用类型越丰富。

2.3 因子贡献力地理探测

地理探测器是以空间变异理论、空间叠置技术和集合论为基础,通过比较因变量与自变量因子地理图层空间一致性,判定自变量因子对因变量取值变化贡献大小的度量方法^[11],度量指标为因子贡献力 $P_{D,H}$ (power of determinant, P):

$$P_{D,H} = 1 - \frac{1}{n\sigma_H^2} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \sigma_{H_{D,i}}^2 \quad (1)$$

式中, H 、 D 分别表示因变量与自变量因子; σ_H^2 与 n 表示 H 的栅格值方差和栅格总数; $\sigma_{H_{D,i}}^2$ 、 $n_{D,i}$ 和 m 分别表示 D 的第 i 类栅格值方差、栅格数和类型总数。因子贡献力取值范围为 0~1,0 表示自变量因子与因变量完全无关,1 表示自变量因子完全控制因变量。

自变量因子(D_1 , D_2)共同作用时彼此间相互加强、抵抗或独立关系的分析称为交互探测。用符号“ \cap ”表示两个因子的交互作用,定义为:① 加强: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) > P_{D,H}(D_1)$ 或 $P_{D,H}(D_2)$; ② 双加强: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) > P_{D,H}(D_1)$ 和 $P_{D,H}(D_2)$; ③ 非线性加强: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) > P_{D,H}(D_1) + P_{D,H}(D_2)$; ④ 抵抗: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) < P_{D,H}(D_1) + P_{D,H}(D_2)$; ⑤ 单抵抗: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) < P_{D,H}(D_1)$ 或 $P_{D,H}(D_2)$; ⑥ 非线性抵抗: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) < P_{D,H}(D_1)$ 和 $P_{D,H}(D_2)$; ⑦ 独立: $P_{D,H}(D_1 \cap D_2) = P_{D,H}(D_1) + P_{D,H}(D_2)$ 。

本文以空气污染物浓度为因变量,土地利用因子(含 LULC 占比和景观指数)和气象因子为自变量,叠置后导入地理探测器,分析空气污染空间分异特征的因子贡献力以及因子间的交互关系。地理探测器适用于类型变量因子,选择适宜于不平衡分布数据分类的自然间断法对各因子进行离散,经反复实验确定十类分级方案,结果较好。

3 因子空间分布特征与贡献力分析

3.1 LULC 与空气污染空间分布特征

图 2 为 2013 年空气污染物浓度与土地因子的

空间分异特征图。综合分析图 2(a)与图 2(c)可知,建设用地主要分布在水域两侧,道路贯穿整个地区,二者面积占比越大,NO₂、PM_{2.5}浓度越高;林地集中分布在长沙县北部地区,NO₂、PM_{2.5}浓度较低。O₃浓度总体呈外围高、中心低的趋势,与耕地占比分布正向一致;与建设用地、林地的关系与NO₂、PM_{2.5}相反。LULC类型对PM₁₀浓度分布的影响相对复杂,建设用地外围绿地和耕地夹杂地区浓度仍然较高,究其原因,NO₂与PM_{2.5}主要来源于化石燃料燃烧和机动车尾气排放等。自然保护区、森林覆盖率较高地区的NO₂浓度低,反倒催化了O₃的生成。湘潭市建设用地面积虽小,但矿冶工业园集中分布,高速城镇化过程中的工业、建筑扬尘造成了PM₁₀浓度升高。

微观尺度景观格局(图 2(b))结果表明,CONTAG、LPI 分别较高 浏阳河两侧及长沙县东南大部 O₃浓度较高,NO₂、PM₁₀和 PM_{2.5}浓度较低;开发强度高的望城南部等地区为 PAFRAC 高值区,PM₁₀浓度也相对较高;研究区东部 SHDI 值越低,PM_{2.5}浓度值越低,SHDI 与 CONTAG 空间分布相反。长沙市中心 LPI 值高、SHDI 值低,NO₂、PM_{2.5}浓度达到最大值。原因为 CONTAG 高值区内优势斑块绿地和林地的连通性好,对 NO₂、PM₁₀和 PM_{2.5}的“负效应”明显。土地开发活动较强的望城县和湘潭市景观格局破碎程度高,PM₁₀和 PM_{2.5}浓度相应较高。长沙市中心建设用地(含交通道路)为优势斑块,景观相对单一,污染排放集中且扩散条件差,NO₂、PM_{2.5}浓度街道峡谷效应明显。

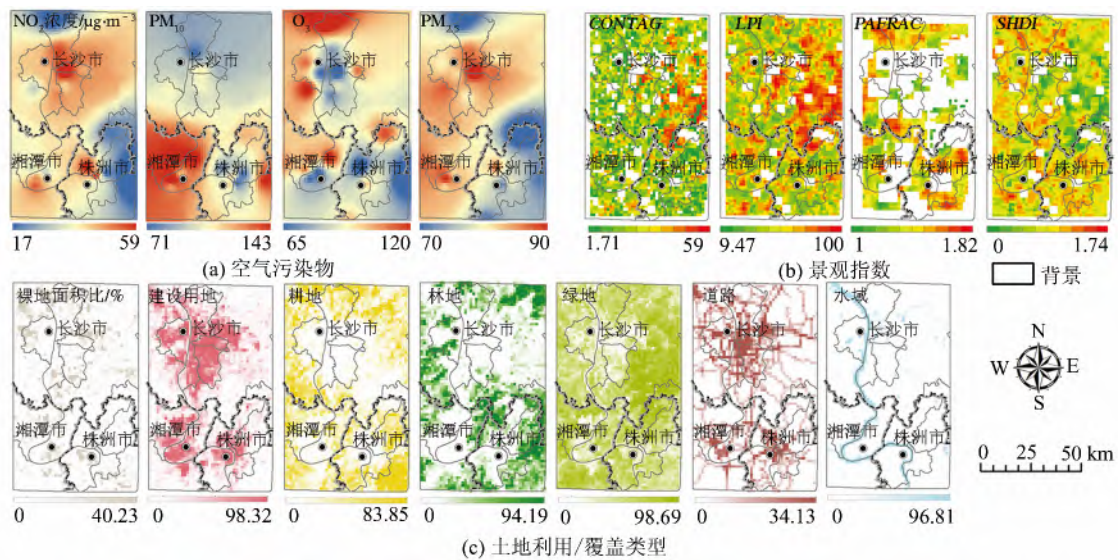


图 2 空气污染与土地利用/覆盖空间分布特征
Fig. 2 Spatial Patterns of Air Pollution and LULC

3.2 气象条件与空气污染空间分布特征

空气污染物浓度空间分布(图 3(a))与气象因子空间分布格局(图 3(b))的对比表明,以湘江为界,长沙市东部相对湿度和风速高于西部,东西部 NO₂、PM_{2.5}浓度整体水平相似,与 O₃浓度有差异。PM₁₀、PM_{2.5}浓度随着相对湿度升高增大的

特征在湘潭、株洲两市局部地区表现明显。PM₁₀浓度随着温度降低、降水量增高而降低的特征较为显著。O₃浓度和湿度、风速还与太阳辐射相关;湿度越大、太阳辐射越小,太阳辐射和其他下垫面因素造成的温度差异导致风速越低^[14],O₃浓度负效越明显。

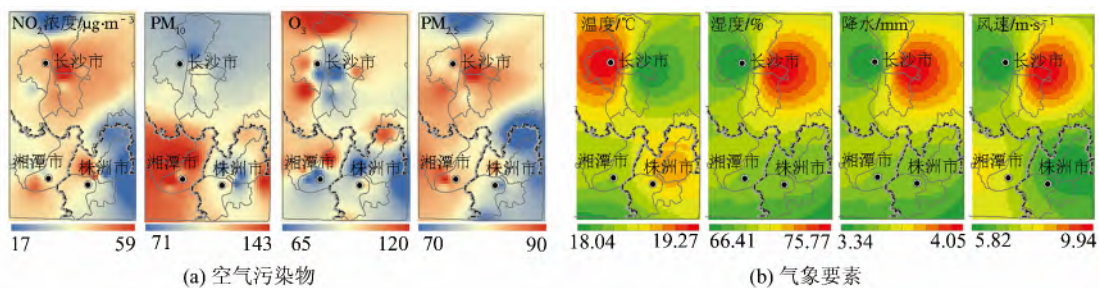


图 3 空气污染与气象要素空间分布特征

Fig. 3 Spatial Patterns of Air Pollution and Meteorological Factors

风玫瑰图(图 4)进一步揭示研究区 2013 年盛行北风和南风。北风三级(5.4 m/s)、四级(7.9 m/s)以下风力天数占总天数比例分别约 36%、64%,因地形三面环山、北部开口,因而对空气污染的扩散作用有限,容易造成 NO₂、PM_{2.5}的原地滞留。南风风力三级以上天数占总天数约 60%,集中在夏季,因而对年均尺度空气污染物浓度空间分异特征的影响有限。

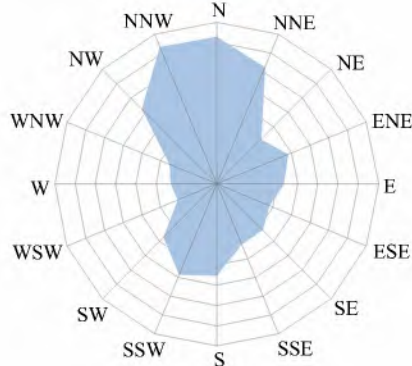


图 4 研究区风玫瑰图

Fig. 4 Wind Rose in Study Area

3.3 土地单因子贡献分析

表 1 为基于地理探测器的空气污染浓度空

间分异特征土地单因子贡献力。LULC 类型面积占比单因子贡献($P: 0.01 \sim 0.11$)略高于 LULC 景观指数因子($P: 0.01 \sim 0.08$)。相同因子对不同空气污染物浓度、不同因子对同一空气污染物浓度的单因子贡献力大小差别显著。LULC 类型因子对四种空气污染物浓度贡献作用的强弱依次为 $\text{NO}_2 > \text{PM}_{2.5} > \text{O}_3 > \text{PM}_{10}$; 建设用地、林地面积占比因子对 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度空间变化的贡献力($P: 0.06 \sim 0.09$), 高于其他类型面积占比因子($P < 0.04$), 结果与 LULC 类型面积占比和空气污染浓度空间分布响应基本一致^[12]。景观指数因子对 NO_2 浓度空间变化的作用最强, $\text{PM}_{2.5}$ 次之, O_3 最弱。PAFRAC 对四种空气污染浓度的作用($P: 0.02 \sim 0.08$)比 SHDI、CONTAG、LPI 更显著($P < 0.03$), 反映了人类土地开发活动造成的景观破碎对空气污染浓度空间分布的强烈负影响。综上分析, 土地单因子对空气污染浓度空间分异特征的贡献力均较小。LULC 类型仅直接反映人为的不同类别的土地开发活动, 无法直接反映污染排放特征的空间分异规律; 城市化进程中导致污染源在不同 LULC 类型间的差异逐渐减小。

表 1 土地单因子贡献力

Tab. 1 The Power of Determinant of Single Land Factor to Air Pollution

	土地利用/覆盖类型							土地利用/景观指数			
	裸地	建设用地	耕地	林地	绿地	道路	水域	CONTAG	LPI	PAFRAC	SHDI
NO ₂	0.01	0.09	0.09	0.11	0.03	0.03	0.01	0.02	0.03	0.08	0.03
PM ₁₀	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.03
O ₃	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
PM _{2.5}	0.01	0.09	0.03	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.07	0.02

3.4 土地因子复合贡献分析

土地因子对空气污染浓度空间变化的复合贡献及其相互作用关系见图 5。结合表 1 可知, LULC 类型面积占比因子和景观指数因子对空气污染浓度空间变化的复合贡献力(建设用地、CONTAG、PAFRAC 分别省略为建设、CON、PAF)明显高于单因子作用, 其强弱关系依次为面积占比因子($P: 0.03 \sim 0.28$) > 面积占比因子与景观指数因子($P: 0.03 \sim 0.23$) > 景观指数因子($P: 0.03 \sim 0.13$)。面积占比因子与景观指数因子复合贡献对 NO_2 浓度空间变化的贡献最显著, $\text{PM}_{2.5}$ 次之, O_3 最弱。对不同空气污染物, 最大复合贡献作用来源于不同因素。其中, LULC 面积占比因子对 NO_2 、 PM_{10} 、 O_3 、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度空间变化的最大因子贡献力分别来源于耕地 ∩ 林地、裸地 ∩ 建设用地、建设用地 ∩ 绿地; 景观指数因子则分

别为 $\text{CONTAG} \cap \text{PAFRAC}$ 、 $\text{PAFRAC} \cap \text{SHDI}$ 、 $\text{CONTAG} \cap \text{SHDI}$ 、 $\text{PAFRAC} \cap \text{SHDI}$; 面积占比因子 & 景观指数因子分别来源于林地 ∩ PAFRAC、绿地 ∩ SHDI、绿地 ∩ SHDI、建设用地 ∩ PAFRAC。结果表明 LULC 景观破碎程度、多样性等因子是除面积占比之外从微观尺度揭示土地利用配置关系对空气污染浓度空间变化产生影响的重要因素。

图 5 还表明土地因子间存在明显的非线性或双加强关系, 但加强关系因空气污染物存在差异。影响 PM_{10} 、 O_3 浓度空间变化的土地因子间的加强作用大于 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ (非线性与双加强比例分别为 $27:0$, $27:0$, $24:3$, $26:1$)。对 NO_2 浓度空间变化为双加强关系的因子包括建设用地 ∩ 耕地、建设用地 ∩ 林地、LPI ∩ SHDI; 对 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度空间变化加强关系的因子包含建设用地 ∩ 林

地。四种空气污染物浓度空间变化的 LULC 面积占比因子和景观指数因子复合贡献力均为非线性加强,大于其单独作用之和,表明宏观尺度的

LULC 与微观尺度的景观格局分析相结合对解释土地开发活动造成的城市空气污染空间分异特征具有作用。

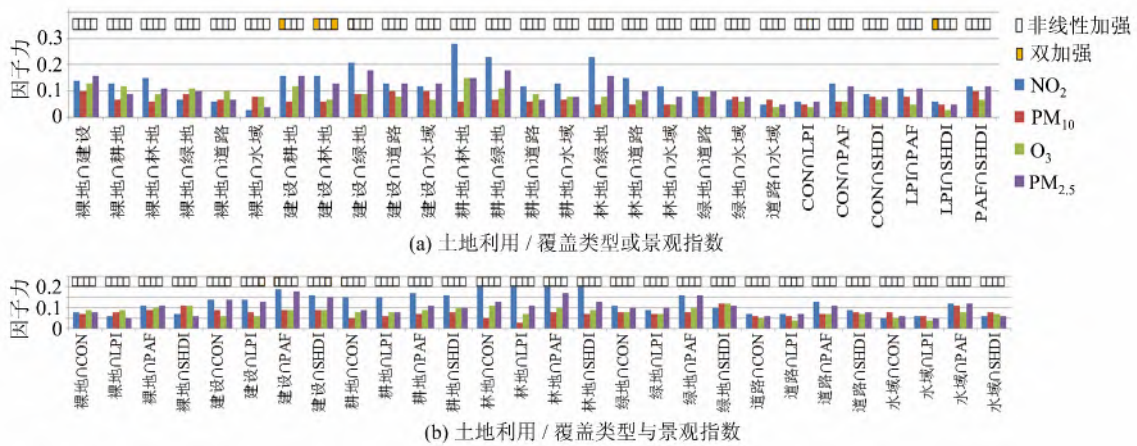


图 5 土地因子对空气污染的复合因子贡献力及其交互关系

Fig. 5 Power of Determinants and Interaction Between Pairs of Land Factors to Air Pollution

3.5 气象和土地因子的复合贡献分析

图 6 是顾及气象条件的土地因子对空气污染浓度的复合贡献作用及其相互关系分析结果。图 6 表示研究区 LULC 面积占比因子与气象因子、景观指数因子与气象因子对空气污染的复合贡献力。结果表明,融合气象条件的 LULC 面积占比因子(P: 0.18~0.53)与景观指数因子(P: 0.20~0.50)对空气污染浓度空间变化的贡献作用得到显著增强。驱动 NO₂、PM₁₀、O₃、PM_{2.5} 浓度空间变化的最大复合贡献力分别来源于林地∩湿

度、建设用地∩降水、建设用地∩风速、耕地∩湿度;PAFRAC∩湿度、PAFRAC∩降水、PAFRAC∩风速、PAFRAC∩湿度。进一步证明林地、建设用地面积比与 PAFRAC 对空气污染浓度空间变化影响;同时湿度对 NO₂、PM_{2.5},降水对 PM₁₀,风速对 O₃ 浓度空间变化的作用得到凸显。LULC 面积占比因子与气象因子间的相关关系仅表现为建设用地∩湿度对 PM₁₀ 浓度贡献的双加强关系。景观指数因子与气象因子双加强与非线性加强关系比例为 11 : 17;双加强关系主要反映

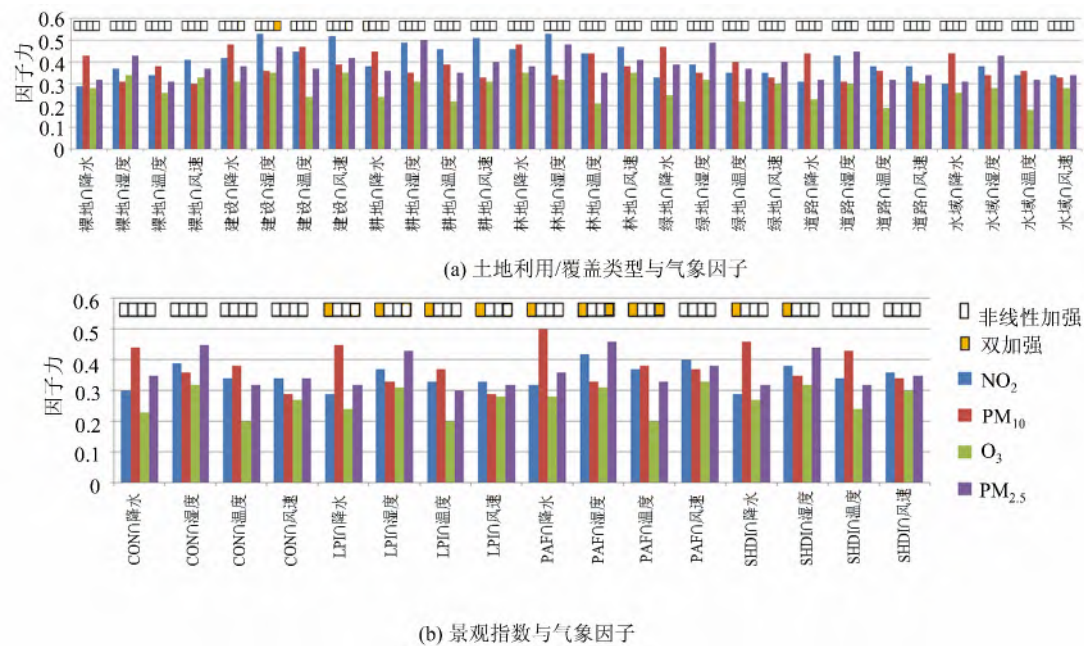


图 6 土地因子与气象因子对空气污染的复合因子贡献力及其交互关系

Fig. 6 Power of Determinants and Interaction Between Pairs of Land Factor and Meteorological Factor to Air Pollution

在对 NO_2 浓度空间变化的贡献(LPI \cap 降水、LPI \cap 湿度、LPI \cap 温度、LPI \cap 风速、PAFRAC \cap 降水、PAFRAC \cap 湿度、PAFRAC \cap 温度、SHDI \cap 降水、SHDI \cap 湿度)。

分析原因, NO_2 主要直接来源于汽车尾气排放,其易扩散、溶于水的特征使之对污染排放场地条件和气象条件的变化更为敏感。除此之外,因 LULC 面积占比因子与气象因子分别影响空气污染物的排放和扩散过程,对于 PM_{10} 、 O_3 、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度空间变化的复合贡献加强作用仍显著高于景观指数因子与气象因子的复合作用。§ 3.2 分析表明,风向对于年均尺度空气污染物空间分异特征的作用不显著,且鉴于低分辨率风向频率统计数据空间化处理的困难,本文在融合气象的土地因子复合贡献分析中暂未考虑风向因素。

4 结 语

集成 RS 技术、景观生态学方法、GIS 空间分析方法和地理探测器手段,本文从宏观和微观双重尺度定量评估 LULC 及其景观格局对城市空气污染空间变化特征的贡献强度。宏观 LULC 类型、微观 LULC 景观格局与城市空气污染空间分布特征密切相关。建设用地面积占比高值区 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度高, O_3 浓度低,林地、绿地聚集区则相反;非建设用地地区蔓延度、破碎度越小,多样性越大, NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度往往越高, O_3 浓度越低;建设用地集中分布区则规律相反。LULC 面积占比单因子贡献作用略高于景观指数因子,但两者对空气污染浓度空间变化的复合贡献高于其单独作用,对四种空气污染物的贡献强度依次为 $\text{NO}_2 > \text{PM}_{2.5} > \text{PM}_{10} > \text{O}_3$ 。融合气象条件的土地因子对空气污染物浓度空间变化的复合贡献显著高于任意土地因子单一作用,因子间存在显著加强关系,加强作用大小依次为 LULC 面积占比因子与气象因子 $>$ 景观指数因子与气象因子 $>$ LULC 面积占比因子与景观指数因子。受我国当前城市空气质量监测数据获取条件限制,本文空气污染浓度空间分布插值结果仅基于 23 个监测点,有待提升精度。地理探测器仅从宏观地理空间视角初步揭示了内部空气污染浓度空间分布与土地和气象因子间的相互作用关系,但如何耦合大气污染物扩散的物理化学机制,在增加并合理配置监测样本点或采用可靠模型模拟获取较高分辨率空气污染浓度空间分异,充分揭示三个以上因子对空气污染浓度空间变化的驱动机制值得深入研究。

参 考 文 献

- [1] Zou Bin, Peng Fen, Jiao Limin, et al. GIS Aided Spatial Zoning of High-resolution Population Exposure to Air Pollution[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2013, 38(3): 334-338 (邹滨, 彭芬, 焦利民, 等. 高分辨率人口空气污染暴露 GIS 空间区划研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2013, 38(3): 334-338)
- [2] Barnett A G, Williams G M, Schwartz J, et al. The Effects of Air Pollution on Hospitalizations for Cardiovascular Disease in Elderly People in Australian and New Zealand Cities[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2006, 114(7): 1 018-1 023
- [3] Li Xiaofei, Zhang Mingjun, Wang Shengjie, et al. Variation Characteristics and Influencing Factors of Air Pollution Index in China[J]. *Environmental Science*, 2012, 33(6): 1 936-1 943 (李小飞, 张明军, 王圣杰, 等. 中国空气污染指数变化特征及影响因素分析[J]. 环境科学, 2012, 33(6): 1 936-1 943)
- [4] Zou B, Wang M, Wan N, et al. Spatial Modeling of $\text{PM}_{2.5}$ Concentrations with a Multifactorial Radial Basis Function Neural Network[J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2015, 22(14): 10 395-10 404
- [5] Zhang J, Ouyang Z Y, Miao H, et al. Ambient Air Quality Trends and Driving Factor Analysis in Beijing, 1983-2007[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23(12): 2 019-2 028
- [6] Notario A, Adame J A, Bravo I, et al. Air Pollution in the Plateau of the Iberian Peninsula[J]. *Atmospheric Research*, 2014, 145-146: 92-104
- [7] Chan K Y, Jian L. Identification of Significant Factors for Air Pollution Levels Using a Neural Network Based Knowledge Discovery System[J]. *Neuro Computing*, 2013, 99: 564-569
- [8] Kelly J, Makar P A, Plummer D A. Projections of Mid-century Summer Air-quality for North America: Effects of Changes in Climate and Precursor Emissions[J]. *Atmospheric, Chemistry and Physics*, 2012, 12: 5 367-5 390
- [9] Chen J, Avise J, Guenther A, et al. Future Land Use and Land Cover Influences on Regional Biogenic Emissions and Air Quality in the United States[J]. *Atmospheric Environment*, 2009, 43: 5 771-5 780
- [10] Amini H, Taghavi-Shahri S M, Henderson S B, et al. Land Use Regression Models to Estimate the Annual and Seasonal Spatial Variability of Sulfur Dioxide and Particulate Matter in Tehran, Iran[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 488-489:

- 343-353
- [11] Wang J F, Li X H, Christakos G, et al. Geographical Detectors-based Health Risk Assessment and Its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(1): 107-127
- [12] Xu Shan, Zou Bin, Pu Qiang, et al. Impact Analysis of Land Use/Cover on Air Pollution [J]. *Journal of Geo-information Science*, 2015, 17(3): 290-299 (许珊, 邹滨, 蒲强, 等. 土地利用/覆盖的空气污染效应分析 [J]. *地球信息科学学报*, 2015, 17(3): 290-299)
- [13] Wu Hao, Wang Wei, Wang Wenjie, et al. Research on the Characteristics of Landscape Pattern and Change in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Metropolitan Region [J]. *Journal of Geo-information Science*, 2010, 12(1): 133-142 (吴昊, 王维, 王文杰, 等. 长株潭地区景观格局及其变化特征研究 [J]. *地球信息科学学报*, 2010, 12(1): 133-142)
- [14] Emery B A, Richardson I G, Evans D S, et al. Solar Rotational Periodicities and the Semiannual Variation in the Solar Wind, Radiation Belt, and Aurora [J]. *Solar Phys*, 2011, 274: 399-425

Spatial Variation Analysis of Urban Air Pollution Using GIS: A Land Use Perspective

ZOU Bin¹ XU Shan¹ ZHANG Jing¹

¹ School of Geosciences and Info-physics, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract: Does land-use and land-cover (LULC) impact the formation of spatial variation characteristics of urban air pollution? Aiming at this problem, we firstly retrieved land use/cover from Landsat 8 image and consequently used them to calculate and map landscape metrics and area ratio of each land use/cover type. Meanwhile, space mapping of NO₂, PM₁₀, O₃, and PM_{2.5} concentrations as well as meteorological factors were conducted through inverse distance weighted interpolation method. After that, geographical detector has been introduced to analyze the influence of land use on air pollution quantitatively with/without meteorological elements as confounding factors. The results show that the NO₂ and PM_{2.5} concentrations increased with the increment of area ratio of built-up area, contrast to the fact that it was negatively correlated with that of green-land. This situation was completely opposite to that of O₃. The air pollution concentrations were higher in the non-built-up area with greater Shannon diversity index and Perimeter-Area Fractal (PAFRAC) Dimension index values. The power of landscape factors is a little bit lower than that of LULC type factors in indicating air pollution. Pairs of LULC type factors were found to enhance each other to increase the air pollution concentrations, so were pairs of landscape factors. Meteorological factors were found to reinforce the control of air pollution of LULC type factors as well as landscape factors significantly. In view of the above considerations, we draw the conclusion that the spatial patterns of air pollution probed were closely related to land factors, either in LULC or landscape metrics. The land use and meteorological conditions are both factors that have to be considered in forecasting and mitigating urban air pollution in early urban planning.

Key words: LULC; landscape; meteorology; geographical detect; air pollution

First author: ZOU Bin, PhD, associate professor, specializes in remote sensing based air pollution mapping. E-mail: 210010@csu.edu.cn

Corresponding author: XU Shan, master. E-mail: 936068568@qq.com

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China, No. 41201384; the Key Laboratory for National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, No. 2014NGCM01.