



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104217126 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201410475413.5

(22)申请日 2014.09.17

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104217126 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(73)专利权人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

(72)发明人 邹滨 郑忠 徐铮

(56)对比文件

CN 103514366 A, 2014.01.15,

CN 103234883 A, 2013.08.07,

US 7082382 B1, 2006.07.25,

US 7191064 B1, 2007.03.13,

US 2009/0080973 A1, 2009.03.26,

邹滨等.高分辨率人口空气污染暴露GIS空间区划研究.《武汉大学学报(信息科学版)》.2013,第38卷(第3期),

审查员 张俊

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所

43114

代理人 欧阳迪奇

(51)Int.Cl.

G06F 19/00(2011.01)

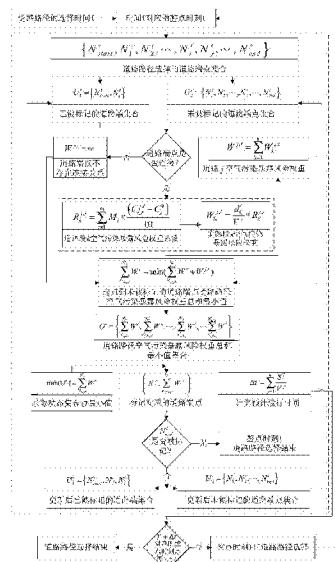
权利要求书4页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种基于低空气污染暴露风险道路路径选择方法

(57)摘要

本发明公开了一种低空气污染暴露风险道路路径选择方法,首先构建高时空分辨率多元线性回归制图模型,生成与动态更新待搜索区域范围内各空气污染物小时浓度趋势面;其次,按照最佳间隔将道路离散为道路段,结合空气污染物小时浓度趋势面,提取空气污染物暴露浓度,顾及在道路段上的行驶时间,计算各道路段空气污染暴露风险权重,并通过累积求和,对道路对应的空气污染暴露风险权重进行估算;最后,基于实时动态估算后各条道路对应的空气污染暴露风险权重,选择具有低空气污染暴露风险道路路径,并结合道路限速数据计算预计行驶时间,以此判断是否需要对该路径选择进行更新,从而能够及时、准确地向公众提供规避空气污染风险的道路路径选择建议。



1. 一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:基于待搜索区域范围内各监测站点的空间位置及各空气污染物小时浓度动态监测数据,结合空间化后的交通道路和扬尘地表的空间分布数据、环境因子数据,构建基于最小二乘准则的高时空分辨率多元线性回归制图模型,估算待搜索区域范围内各空气污染物小时浓度趋势面;

步骤2:基于步骤1待搜索区域范围内空气污染物小时浓度趋势面,计算距离监测站点位置最近的交通道路离散点与监测站点各空气污染物小时浓度之间的相关系数,然后根据得到的相关系数确定道路离散最佳间隔;并按照最佳间隔将道路离散为道路段,结合待修复区范围内各空气污染物小时浓度趋势面提取道路段各空气污染物小时暴露浓度,以各空气污染物小时暴露浓度与致死率之间的暴露响应关系计算各空气污染物暴露风险系数,然后利用空气污染物暴露风险系数与交通工具在道路段上的行驶时间,计算各道路段空气污染暴露风险权重,最后通过对各道路段空气污染暴露风险权重累积求和来得到各条道路空气污染暴露风险权重;

步骤3:基于步骤2计算得到的各条道路空气污染暴露风险权重,进行低空气污染暴露风险道路路径的选择;然后根据道路限速数据,计算按照选择的低空气污染暴露风险道路路径行驶,需要花费的时间,并结合低空气污染暴露风险道路路径选择的开始时刻和各监测站点空气污染物小时浓度更新时刻,判断在各监测站点空气污染物小时浓度更新时,人或交通工具能否到达终点,以此确定是否需要对路径进行重新选择,从而实现低空气污染暴露风险道路路径实时动态选择;

步骤2中所述的道路离散最佳间隔的确定,包括以下步骤:

步骤1):由于各监测站点空气污染物浓度按照小时更新,因此,道路路径选择都基于整点时刻;设道路路径的选择时刻为T,获取时刻T对应的整点时刻t;

步骤2):在t时刻按照固定离散间隔d^t,将待搜索区域范围内各条道路离散为具有相同长度d的多条道路段,并依据各离散后道路段的中点坐标,生成一系列交通道路离散点;

步骤3):以各监测站点为圆心,将距离监测站点位置最近的交通道路离散点与其进行匹配,并基于待搜索区域范围内t时刻空气污染物小时浓度趋势面,提取这些匹配后交通道路离散点位置t时刻对应的各空气污染物浓度,按照以下公式,计算其相关系数:

$$R^t = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_i^{j,t} - \bar{Y}_i^t)(C_i^{j,t} - \bar{C}_i^t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_i^{j,t} - \bar{Y}_i^t)^2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_i^{j,t} - \bar{C}_i^t)^2}}$$

其中,Y_{i,j,t}表示t时刻监测站点j位置空气污染物类型i的监测浓度, \bar{Y}_i^t 表示t时刻监测站点位置空气污染物类型i的监测浓度的平均值, $C_i^{j,t}$ 表示历史t时刻距离监测站点位置最近的交通道路离散点j位置空气污染物类型i的监测浓度, \bar{C}_i^t 表示t时刻距离监测站点位置最近的交通道路离散点空气污染物类型i的监测浓度的平均值,n表示监测站点个数,监测站点个数与距离监测站点位置最近的交通道路离散点个数一致,m表示监测站点监测的空气污染物种类数,R^t为t时刻相关系数,R^t绝对值越大表示t时刻监测站点各空气污染物浓度和

距离监测站点位置最近的交通道路离散点各空气污染物的相关性越强,道路离散后的道路离散点代表性越强,道路离散间隔越佳,取值范围在[-1,1]之间;

步骤4) : 在100m-1000m区间范围内,改变道路离散间隔 d^t ,并重复上述步骤1)-3),在t时刻计算获得的所有相关系数 R^t 中,选取最大绝对值所对应的离散间隔 d_0^t ,作为t时刻道路离散的最佳间隔。

2. 根据权利要求1所述的一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,其特征在于,步骤2中所述的确定道路离散最佳间隔后各条道路空气污染暴露风险权重的计算包括以下步骤:

步骤1) : 基于t时刻道路离散最佳间隔 d_0^t ,按照各条道路的名称,分别将待搜索区域范围内各条道路离散为具有相同长度 d_0 的道路段,并记录离散后道路段所代表的交通道路;

步骤2) : 计算t时刻各道路段所对应的空气污染暴露风险系数:

$$R_k^{j,t} = \sum_{i=1}^m M_i * \frac{(C_{i,k}^{j,t} - C_i^0)}{10}$$

其中, $R_k^{j,t}$ 代表t时刻道路j离散后的道路段k对应的空气污染暴露风险系数, M_i 代表空气污染物类型为i的致死率, $C_{i,k}^{j,t}$ 表示t时刻道路j离散后道路段k在中点位置提取的空气污染物类型为i的暴露浓度, C_i^0 代表空气污染物类型为i的暴露风险阈值浓度,m表示空气污染物种类数;

步骤3) : 计算t时刻各道路段所对应的空气污染暴露风险权重:

$$W_k^{j,t} = \frac{d_0^t}{V^j} * R_k^{j,t}$$

其中, $W_k^{j,t}$ 代表t时刻道路j离散后的道路段k对应的空气污染暴露风险权重, d_0^t 代表t时刻道路离散最佳间隔, V^j 表示交通道路j的最高限制速度;

步骤4) : 计算各条道路空气污染暴露风险权重:

$$W^{j,t} = \sum_{k=1}^n W_k^{j,t}$$

其中, $W^{j,t}$ 代表t时刻道路j空气污染暴露风险权重,n表示道路j离散后的道路段数。

3. 根据权利要求1所述的一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,其特征在于,步骤3中低空气污染暴露风险道路路径动态选择方法,包括以下步骤:

步骤1) : 以人或交通运输工具所处的位置为圆心,并构建以r为半径的缓冲区,且逐渐增加缓冲区的半径,当缓冲区范围内包含任何一条道路的端点时停止,并将该道路的端点作为道路路径选择的起点;同理,以人或交通运输工具需要到达的位置为圆心,并构建以r为半径的缓冲区,且逐渐增加缓冲区的半径,当缓冲区范围内包含任何一条道路的端点时停止,并将该道路的端点作为道路路径选择的终点;基于步骤2中计算的t时刻各条道路空气污染暴露风险权重,以道路路径选择的起点和终点之间的所有道路构建无向完全连接图;

步骤2) : 设t时刻道路路径选择的起点为 N_{start}^t ,并将该点属性标记为(Start,0);设道路

路径选择的终点为 N_{end}^t ;计算起点 N_{start}^t 到与其存在连接关系的所有道路端点之间空气污染暴露风险权重的最小值,并标记该最小值所对应的道路端点为 N_i^t ,属性标记为:

$$\left(N_{start}^t, \sum_{N_{start}}^{N_i} W^t \right)$$

表示经由 N_{start}^t , N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间空气污染暴露风险权重的最小值为 $\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t$,且

由于道路端点为 N_i^t 与起点直接相连,上述属性标记中存在关系:

$$\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t = W^{i,t};$$

其中 $W^{i,t}$ 代表t时刻道路端点 N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间道路i空气污染暴露风险权重,除上述道路端点外,其余道路端点为未被标记的道路端点,设置两个集合 U_1^t 和 U_2^t ,分别存储上述t时刻已被标记的道路端点和未被标记的道路端点,也即是:

$$U_1^t = \{N_{start}^t, N_i^t\}, \quad U_2^t = \{N_1^t, N_2^t, \dots, N_j^t, \dots, N_{end}^t\};$$

步骤3):设道路端点为 N_i^t 与 N_j^t 存在连接关系;t时刻经由已被标记的道路端点 N_i^t ,从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到未被标记的道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

$$\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t = \min(\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t + W^{j,t})$$

其中, $\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$ 表示t时刻从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值, $\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t$ 表示t时刻从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间空气污染暴露风险权重的最小值, $W^{j,t}$ 代表t时刻道路端点 N_i^t 到道路端点 N_j^t 之间道路j空气污染暴露风险权重;如果部分已被标记和未被标记的道路端点之间不存在连接关系,将这些端点之间空气污染暴露风险的权重值 $W^{j,t}$ 设为无穷大;

步骤4):同时构建动态集合 O^t ,重复上述步骤3)依次计算并存储t时刻经由集合 U_1^t 中已被标记的道路端点 N_{start}^t 或者 N_i^t ,道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点集合 U_2^t 中的所有未被标记的道路端点 $\{N_1^t, N_2^t, \dots, N_j^t, \dots, N_{end}^t\}$ 之间路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

$$O^t = \left\{ \sum_{N_{start}}^{N_1} W^t, \sum_{N_{start}}^{N_2} W^t, \dots, \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t, \dots, \sum_{N_{start}}^{N_{end}} W^t \right\}$$

步骤5):求取上述t时刻动态集合 O^t 中的最小值:

$$\min(O^t) = \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$$

步骤6) : 上述动态集合 O^t 中的最小值 $\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$ 所对应的道路端点 N_j^t 标记为:

$$\left(N_i^t, \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t \right)$$

其中,该标记表示为:t时刻经由道路端点 N_i^t ,从道路选择的起点 N_{start}^t 到被标记的道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

步骤7) : 更新集合 U_1^t 和 U_2^t , $U_1^t = \{N_{start}^t, N_i^t, N_j^t\}$, $U_2^t = \{N_1^t, N_2^t, \dots, N_{end}^t\}$;

步骤8) : 重复步骤1) -7) ,直到t时刻道路路径选择的终点 N_{end}^t 被标记以为:

$$\left(N_k^t, \sum_{N_{start}}^{N_{end}} W^t \right)$$

道路路径选择结束;向前搜寻道路路径选择的终点 N_{end}^t 前一个对应道路端点 N_k^t ,并依次进行搜寻,直到回到t时刻道路路径选择的起点 N_{start}^t ,从而最终确定所有标记道路端点的连接顺序,以此确定具有最低空气污染暴露风险的道路路径选择方案;

步骤9) : 依据上述步骤选择的最低空气污染暴露风险的道路路径,结合该路径中各条道路的限速数据,计算人或者交通运输工具预计行驶时间;

$$\Delta t = \sum_{j=1}^u \frac{S^j}{V^j}$$

其中, Δt 表示预计行驶时间, S^j 表示交通道路 j 的长度, V^j 表示交通道路 j 的最高限制速度, u 表示道路路径选择结果中所有道路的条数;

步骤10) : 如步骤2) 所述,设道路路径的选择时刻T,获取 $T + \Delta t$ 对应的整点时刻,当该时刻为t时,表示人或者交通运输工具按照当前时刻t道路选择的路径行进,在t+1时刻各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据发布前,能够到达终点,低空气污染暴露风险道路路径选择结束;当该时刻为t+1时,表示人或者交通运输工具按照当前时刻t道路选择的路径行进,在t+1时刻各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据发布前,未能到达终点,需要重新以t+1时刻人或者交通运输工具所处位置作为起点,人或交通运输工具需要到达的位置作为终点,根据步骤1实时更新后的t+1时刻各空气污染物浓度趋势面,并重复步骤2、步骤3,以实时动态更新t+1时刻各条道路空气污染暴露风险权重,进行t+1时刻低空气污染暴露风险道路路径实时动态选择。

一种基于低空气污染暴露风险道路路径选择方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环境风险评估与交通智能导航领域,特别涉及一种基于低空气污染暴露风险道路路径选择方法。

背景技术

[0002] 全球性大气污染在世界范围内引起了一系列环境与健康问题,使人类的生存和发展受到严峻的挑战。特别是作为发展中国家的中国,世界上污染最严重的10个城市之中,有近7个位于中国,其空气污染的形势不容乐观;据WHO报道:空气中污染物浓度的增加与居民死亡率的升高密切相关,日均PM₁₀污染浓度每上升10ug/m³,人群总死亡率将上升0.6%,尤其针对敏感人群(例如:慢性支气管炎、肺癌等疾病的患者)空气污染的危害尤其显著;在世界多数国家采取减少污染源排放降低空气质量浓度至WHO规定安全值的措施短期难以奏效的情况下,从保障健康的角度,具有重要的理论意义和实践价值。

[0003] 日常步行或乘坐交通工具出行吸入空气污染物,是公众空气污染暴露风险来源最主要的途径之一。因此,基于空气污染浓度高时空分辨率制图,优化出行路径,是一种指导公众有效规避空气污染相关健康损害的重要手段之一。

[0004] 然而目前已经存在的出行路径选择方法中,大多数方法仅考虑道路路径选择的起点与终点之间距离最短、路况最好、时间最少、价格最低、风景最美等因素,或者基于动态道路车流量情况为居民提供实时最优路径;综合考虑以上的因素,降低空气污染暴露健康损害为目的的道路路径选择方法尚未见报道。

[0005] 因此,利用待搜索区域范围内各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据和交通道路空间分布、扬尘地表空间分布、人口密度、土地利用类型百分比、气温、风速、湿度等辅助数据,以最小二乘法则为基础,构建高时空分辨率多元线性回归制图模型,实时生成与动态更新待搜索区域范围内各空气污染物小时浓度趋势面;其次,按照最佳间隔将道路离散为道路段,结合待修复区范围内各空气污染物小时浓度趋势面,提取与更新道路段各空气污染物暴露浓度,并以其与致死率之间的暴露响应关系作为空气污染暴露风险系数,顾及交通工具在道路段上的行驶时间,计算各道路段空气污染暴露风险权重,并在累积求和的基础上,对各条道路对应的空气污染暴露风险权重进行实时动态估算;最后,基于实时动态估算后各条道路对应的空气污染暴露风险权重,选择具有低空气污染暴露风险道路路径,并结合道路限速数据计算预计行驶时间,以此判断是否需要对该路径选择进行更新,从而能够及时、准确地向公众提供规避空气污染风险的道路路径选择建议。

发明内容

[0006] 为了能够实现及时、准确地向公众提供规避空气污染风险的交通道路路径选择建议,以制定科学有效的防控措施目的,本发明的技术方案是,一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1:基于待搜索区域范围内各监测站点的空间位置及各空气污染物小时浓度

动态监测数据,结合空间化后的交通道路和扬尘地表的空间分布数据、环境因子数据,构建基于最小二乘准则的高时空分辨率多元线性回归制图模型,估算待搜索区域范围内各空气污染物小时浓度趋势面;

[0008] 步骤2:基于步骤1待搜索区域范围内空气污染物小时浓度趋势面,计算距离监测站点位置最近的交通道路离散点与监测站点各空气污染物小时浓度之间的相关系数,然后根据得到的相关系数确定道路离散最佳间隔;并按照最佳间隔将道路离散为道路段,结合待修复区范围内各空气污染物小时浓度趋势面提取道路段各空气污染物小时暴露浓度,以各空气污染物小时暴露浓度与致死率之间的暴露响应关系计算各空气污染物暴露风险系数,然后利用空气污染物暴露风险系数与交通工具在道路段上的行驶时间,计算各道路段空气污染暴露风险权重,最后通过对各道路段空气污染暴露风险权重累积求和来得到各条道路空气污染暴露风险权重;

[0009] 步骤3:基于步骤2计算得到的各条道路空气污染暴露风险权重,进行低空气污染暴露风险道路路径的选择;然后根据道路限速数据,计算按照选择的低空气污染暴露风险道路路径行驶,需要花费的时间,并结合低空气污染暴露风险道路路径选择的开始时刻和各监测站点空气污染物小时浓度更新时刻,判断在各监测站点空气污染物小时浓度更新时,人或交通运输工具能否到达终点,以此确定是否需要对路径进行重新选择,从而实现低空气污染暴露风险道路路径实时动态选择。

[0010] 所述的一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,步骤2中所述的道路离散最佳间隔的确定,包括以下步骤:

[0011] 步骤1):由于各监测站点空气污染物浓度按照小时更新,因此,道路路径选择都基于整点时刻;设道路路径的选择时刻为T,获取时刻T对应的整点时刻t;例如:道路路径的选择时刻为T=16:32,时刻T对应的整点时刻为16点;

[0012] 步骤2):在t时刻按照固定离散间隔d^t,将待搜索区域范围内各条道路离散为具有相同长度d的多条道路段,并依据各离散后道路段的中点坐标,生成一系列交通道路离散点;

[0013] 步骤3):以各监测站点为圆心,将距离监测站点位置最近的交通道路离散点与其进行匹配,并基于待搜索区域范围内t时刻空气污染物小时浓度趋势面,提取这些匹配后交通道路离散点位置t时刻对应的各空气污染物浓度,按照以下公式,计算其相关系数:

$$[0014] R^t = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_i^{j,t} - \bar{Y}_i^t)(C_i^{j,t} - \bar{C}_i^t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_i^{j,t} - \bar{Y}_i^t)^2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_i^{j,t} - \bar{C}_i^t)^2}}$$

[0015] 其中,Y_i^{j,t}表示t时刻监测站点j位置空气污染物类型i的监测浓度, \bar{Y}_i^t 表示t时刻监测站点位置空气污染物类型i的监测浓度的平均值,C_i^{j,t}表示历史t时刻距离监测站点位置最近的交通道路离散点j位置空气污染物类型i的监测浓度, \bar{C}_i^t 表示t时刻距离监测站点位置最近的交通道路离散点空气污染物类型i的监测浓度的平均值,n表示监测站点个数,监测站点个数与距离监测站点位置最近的交通道路离散点个数一致,m表示监测站点监测的空气污染物种类数,R^t为t时刻相关系数,R^t绝对值越大表示t时刻监测站点各空气污染物

浓度和距离监测站点位置最近的交通道路离散点各空气污染物的相关性越强,道路离散后的道路离散点代表性越强,道路离散间隔越佳,取值范围在[-1,1]之间;

[0016] 步骤4) :在100m-1000m区间范围内,改变道路离散间隔 d^t ,并重复上述步骤1)-3),在t时刻计算获得的所有相关系数 R^t 中,选取最大绝对值所对应的离散间隔 d_0^t ,作为t时刻道路离散的最佳间隔。

[0017] 所述的一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,步骤2中所述的确定道路离散最佳间隔后各条道路空气污染暴露风险权重的计算包括以下步骤:

[0018] 步骤1) :基于t时刻道路离散最佳间隔 d_0^t ,按照各条道路的名称,分别将待搜索区域范围内各条道路离散为具有相同长度 d_0 的道路段,并记录离散后道路段所代表的交通道路;

[0019] 步骤2) :计算t时刻各道路段所对应的空气污染暴露风险系数:

$$[0020] R_k^{j,t} = \sum_{i=1}^m M_i * \frac{(C_{i,k}^{j,t} - C_i^0)}{10}$$

[0021] 其中, $R_k^{j,t}$ 代表t时刻道路j离散后的道路段k对应的空气污染暴露风险系数, M_i 代表空气污染物类型为i的致死率, $C_{i,k}^{j,t}$ 表示t时刻道路j离散后道路段k在中点位置提取的空气污染物类型为i的暴露浓度, C_i^0 代表空气污染物类型为i的暴露风险阈值浓度,m表示空气污染物种类数;致死率如: $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6$ 分别代表空气污染物PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO、NO₂、O₃的致死率。

[0022] 步骤3) :计算t时刻各道路段所对应的空气污染暴露风险权重:

$$[0023] W_k^{j,t} = \frac{d_0^t}{V^j} * R_k^{j,t}$$

[0024] 其中, $W_k^{j,t}$ 代表t时刻道路j离散后的道路段k对应的空气污染暴露风险权重, d_0^t 代表t时刻道路离散最佳间隔, V^j 表示交通道路j的最高限制速度;

[0025] 步骤4) :计算各条道路空气污染暴露风险权重:

$$[0026] W^{j,t} = \sum_{k=1}^n W_k^{j,t}$$

[0027] 其中, $W^{j,t}$ 代表t时刻道路j空气污染暴露风险权重,n表示道路j离散后的道路段数。

[0028] 所述的一种低空气污染暴露风险的道路路径选择方法,步骤3中低空气污染暴露风险道路路径动态选择方法,包括以下步骤:

[0029] 步骤1) :以人或交通运输工具所处的位置为圆心,并构建以r为半径的缓冲区,且逐渐增加缓冲区的半径,当缓冲区范围内包含任何一条道路的端点时停止,并将该道路的端点作为道路路径选择的起点;同理,以人或交通运输工具需要到达的位置为圆心,并构建以r为半径的缓冲区,且逐渐增加缓冲区的半径,当缓冲区范围内包含任何一条道路的端点时停止,并将该道路的端点作为道路路径选择的终点;基于步骤2中计算的t时刻各条道路空气污染暴露风险权重,以道路路径选择的起点和终点之间的所有道路构建无向完全连接图;

[0030] 步骤2) : 设t时刻道路路径选择的起点为 N_{start}^t , 并将该点属性标记为(Start, 0); 设道路路径选择的终点为 N_{end}^t ; 计算起点 N_{start}^t 到与其存在连接关系的所有道路端点之间空气污染暴露风险权重的最小值, 并标记该最小值所对应的道路端点为 N_i^t , 属性标记为:

[0031] $\left(N_{start}^t, \sum_{N_{start}}^{N_i} W^t \right)$ 表示经由 N_{start}^t, N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间空气污染暴露风险权重的最小值为 $\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t$, 且由于道路端点为 N_i^t 与起点直接相连, 上述属性标记中存在关系:

$$[0032] \sum_{N_{start}}^{N_i} W^t = W^{i,t};$$

[0033] 其中 $W^{i,t}$ 代表 t 时刻道路端点 N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间道路 i 空气污染暴露风险权重, 除上述道路端点外, 其余道路端点为未被标记的道路端点, 设置两个集合 U_1^t 和 U_2^t , 分别存储上述 t 时刻已被标记的道路端点和未被标记的道路端点, 也即是:

$$U_1^t = \{N_{start}^t, N_i^t\}, \quad U_2^t = \{N_1^t, N_2^t, \dots, N_j^t, \dots, N_{end}^t\};$$

[0034] 步骤3) : 设道路端点为 N_i^t 与 N_j^t 存在连接关系; t 时刻经由已被标记的道路端点 N_i^t , 从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到未被标记的道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

$$[0035] \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t = \min(\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t + W^{j,t})$$

[0036] 其中, $\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$ 表示 t 时刻从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值, $\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t$ 表示 t 时刻从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间空气污染暴露风险权重的最小值, $W^{j,t}$ 代表 t 时刻道路端点 N_i^t 到道路端点 N_j^t 之间道路 j 空气污染暴露风险权重; 如果部分已被标记和未被标记的道路端点之间不存在连接关系, 将这些端点之间空气污染暴露风险的权重值 $W^{j,t}$ 设为无穷大;

[0037] 步骤4) : 同时构建动态集合 O^t , 重复上述步骤3) 依次计算并存储 t 时刻经由集合 U_1^t 中已被标记的道路端点 N_{start}^t 或者 N_i^t , 道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点集合 U_2^t 中的所有未被标记的道路端点 $\{N_1^t, N_2^t, \dots, N_j^t, \dots, N_{end}^t\}$ 之间路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

$$[0038] O^t = \left\{ \sum_{N_{start}}^{N_1} W^t, \sum_{N_{start}}^{N_2} W^t, \dots, \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t, \dots, \sum_{N_{start}}^{N_{end}} W^t \right\}$$

[0039] 步骤5) : 求取上述 t 时刻动态集合 O^t 中的最小值:

[0040] $\min(O^t) = \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$

[0041] 步骤6) : 上述动态集合 O^t 中的最小值 $\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$ 所对应的道路端点 N_j^t 标记为:

[0042] $\left(N_i^t, \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t \right)$

[0043] 其中,该标记表示为:t时刻经由道路端点 N_i^t ,从道路选择的起点 N_{start}^t 到被标记的道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

[0044] 步骤7) : 更新集合 U_1^t 和 U_2^t , $U_1^t = \{N_{start}^t, N_i^t, N_j^t\}$, $U_2^t = \{N_1^t, N_2^t, \dots, N_{end}^t\}$;

[0045] 步骤8) : 重复步骤1) -7) ,直到t时刻道路路径选择的终点 N_{end}^t 被标记以为:

[0046] $\left(N_k^t, \sum_{N_{start}}^{N_{end}} W^t \right)$

[0047] 道路路径选择结束;向前搜寻道路路径选择的终点 N_{end}^t 前一个对应道路端点 N_k^t ,并依次进行搜寻,直到回到t时刻道路路径选择的起点 N_{start}^t ,从而最终确定所有标记道路端点的连接顺序,以此确定具有最低空气污染暴露风险的道路路径选择方案;

[0048] 步骤9) : 依据上述步骤选择的最低空气污染暴露风险的道路路径,结合该路径中各条道路的限速数据,计算人或者交通运输工具预计行驶时间;

[0049] $\Delta t = \sum_{j=1}^u \frac{S^j}{V^j}$

[0050] 其中, Δt 表示预计行驶时间, S^j 表示交通道路j的长度, V^j 表示交通道路j的最高限制速度,u表示道路路径选择结果中所有道路的条数;

[0051] 步骤10) : 如步骤2) 所述,设道路路径的选择时刻T,获取 $T + \Delta t$ 对应的整点时刻,当该时刻为t时,表示人或者交通运输工具按照当前时刻t道路选择的路径行进,在t+1时刻各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据发布前,能够到达终点,低空气污染暴露风险道路路径选择结束;当该时刻为t+1时,表示人或者交通运输工具按照当前时刻t道路选择的路径行进,在t+1时刻各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据发布前,未能到达终点,需要重新以t+1时刻人或者交通运输工具所处位置作为起点,人或交通运输工具需要到达的位置作为终点,根据步骤1实时更新后的t+1时刻各空气污染物浓度趋势面,并重复步骤2、步骤3,以实时动态更新t+1时刻各条道路空气污染暴露风险权重,进行t+1时刻低空气污染暴露风险道路路径实时动态选择。

[0052] 与现有方法相比,本发明的技术效果在于:(1)本方法是基于待搜索区域范围内各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据和道路空间分布、扬尘地表空间分布和人口密度、土地利用类型百分比、气温、风速、湿度等环境因子辅助数据,以最小二乘法则为基础,通过多元线性回归算法,发明的一种高时空分辨率空气污染物浓度制图方法;(2)同时本方

法以道路段各空气污染暴露浓度与致死率之间的暴露响应关系作为各空气污染物暴露风险系数,计算各道路段空气污染暴露风险权重,并在累积求和的基础上,发明的一种道路对应的空气污染暴露风险权重进行实时动态估算方法;(3)本方法还是一种低空气污染暴露风险道路路径选择方法,所需要的技术和数据可以实时获取,算法较为高效,能够及时、准确地向公众提供规避空气污染风险的道路路径选择建议。

附图说明

- [0053] 图1示出了本发明中低空气污染暴露风险道路路径动态选择方法流程图;
- [0054] 图2示出了本发明中道路离散的最佳间隔确定原理图;
- [0055] 图3示出了本发明中道路段多种空气污染物暴露浓度计算原理图;
- [0056] 图4示出了本发明中低空气污染暴露风险道路路径动态选择方法示意图;
- [0057] 图5示出了根据本发明实施例的低空气污染暴露风险道路路径动态选择结果图;

具体实施方式:

- [0058] 下面是对本发明一个优选实施例,结合附图进行的详细说明。
- [0059] 1、空气污染物浓度趋势面动态估算,本发明采用的待搜索区域范围内空气污染物浓度趋势面动态估算的步骤包括:
 - [0060] 首先,获取待搜索区域范围内各监测站点的空间位置及各空气污染物小时浓度动态监测数据(污染物包括:PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO、NO₂、O₃) ;同时,获取交通道路和扬尘地表的空间分布数据,并收集待搜索区域范围内环境因子数据,包括:人口密度、土地利用类型百分比、气温、风速、湿度;
 - [0061] 其次,设置间隔距离z,将搜索区域按照z×z大小的格网划分为栅格区域,依据上述获取的交通道路和扬尘地表空间分布数据,分别计算栅格区域内空间任意栅格位置与交通道路、扬尘地表的距离,并将这些距离作为区域变量,实现交通道路、扬尘地表空间分布数据的空间化;同时,对收集到的待搜索区域范围内人口密度、气温、风速、湿度数据采用空间插值的方法进行空间化;由于土地利用类型百分比数据已经是空间化后的数据,不需进行处理;
 - [0062] 再次,以多种空气污染物浓度小时动态监测数据作为因变量,将上述空间化后的交通道路和扬尘地表的空间分布数据、环境因子数据作为自变量,在各监测站点位置,构建基于最小二乘准则的高时空分辨率多元线性回归制图模型;在此基础上,将栅格区域中空间任意栅格位置提取的特征变量输入到上述模型,估算待搜索区域范围内各空气污染物浓度趋势面;具体的计算过程如下:
 - [0063] 1) 构建因变量与自变量之间的回归模型,如下式所示:
 - [0064]
$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_iX_i + \dots + a_nX_n + u$$
 - [0065] 式中,Y是因变量(空气污染物小时浓度监测数据), X_i 是自变量(空间分布数据、扬尘地表的空间分布数据和环境因子数据),n为自变量的个数, a_i 为未知参数,u随机误差项;
 - [0066] 2) 按照最小二乘法法则,确定 a_i 和u;

$$\begin{aligned}
 [0067] \quad & \left\{ \begin{array}{l} Q(a_0, a_1, \dots, a_i, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n (Y_j - a_0 - a_1 X_1 - a_2 X_2 - \dots - a_i X_i + \dots + a_n X_n)^2 \\ \min_{a_0, a_1, \dots, a_i, \dots, a_n} Q \\ E(u) = 0 \\ Var(u) = \sigma^2 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

[0068] 3) 根据以上步骤(2)所求得 a_i 为未知参数和 u 随机误差项,计算空间任意栅格位置处空气污染物小时浓度估算数据的估计值 C ,公式如下:

$$[0069] C = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_i x_i + \dots + a_n x_n$$

[0070] 其中,C为空间任意栅格位置处的空气污染物小时浓度数据得估算值, x_i 是为空间任意栅格位置特征变量(空间分布数据、扬尘地表的空间分布数据和环境因子数据)的实测值;

[0071] 最后,根据监测站点位置各空气污染物小时浓度动态监测数据(污染物包括:PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO、NO₂、O₃),按照上述步骤,动态估算待搜索区域范围内各空气污染物小时浓度趋势面。

[0072] 2.道路离散最佳间隔的确定,本发明采用的道路离散最佳间隔确定步骤包括:

[0073] 首先,由于各监测站点空气污染物浓度按照小时更新,因此道路路径选择都基于整点时刻;设道路路径的选择时刻为T,获取时刻T的整点时刻t;例如:道路路径的选择时刻为T=16:32,时刻T对应的整点时刻为16点;

[0074] 其次,如图2所示,在t时刻按照固定离散间隔d^t,将待搜索区域范围内各条道路离散为具有相同长度d的多条道路段,并依据各离散后道路段的中点坐标,生成一系列交通道路离散点;

[0075] 再次,以各监测站点为圆心,将距离监测站点位置最近的交通道路离散点与其进行匹配,并基于待搜索区域范围内t时刻空气污染物小时浓度趋势面,提取这些匹配后交通道路离散点位置t时刻对应的各空气污染物浓度,按照以下公式,计算其相关系数;

$$[0076] R^t = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_i^{j,t} - \bar{Y}_i^t)(C_i^{j,t} - \bar{C}_i^t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Y_i^{j,t} - \bar{Y}_i^t)^2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_i^{j,t} - \bar{C}_i^t)^2}}$$

[0077] 其中, $Y_i^{j,t}$ 表示t时刻监测站点j位置空气污染物类型i的监测浓度, \bar{Y}_i^t 表示t时刻监测站点位置空气污染物类型i的监测浓度的平均值, $C_i^{j,t}$ 表示历史t时刻距离监测站点位置最近的交通道路离散点j位置空气污染物类型i的监测浓度, \bar{C}_i^t 表示t时刻距离监测站点位置最近的交通道路离散点空气污染物类型i的监测浓度的平均值,n表示监测站点个数,监测站点个数与距离监测站点位置最近的交通道路离散点个数一致,m表示监测站点监测的空气污染物种类数,R^t为t时刻相关系数,R^t绝对值越大表示t时刻监测站点各空气污染物浓度和距离监测站点位置最近的交通道路离散点各空气污染物的相关性越强,道路离散后的道路离散点代表性越强,道路离散间隔越佳,取值范围在[-1,1]之间;

[0078] 最后,在100m-1000m区间范围内,改变道路离散间隔 d^t ,并重复上述步骤,在t时刻计算获得的所有相关系数 R^t 中,选取最大绝对值所对应的离散间隔 d_0^t ,作为t时刻道路离散的最佳间隔。

[0079] 3、道路空气污染暴露风险权重的动态估算,本发明采用的道路空气污染暴露风险权重动态估算的步骤包括:

[0080] 首先,基于上述步骤2确定的t时刻道路离散最佳间隔 d_0^t ,按照各条道路的名称,分别将待搜索区域范围内各条道路离散为具有相同长度 d_0 的道路段,并记录离散后道路段所代表的交通道路;

[0081] 其次,计算t时刻各道路段所对应的空气污染暴露风险系数:

$$[0082] R_k^{j,t} = \sum_{i=1}^m M_i * \frac{(C_{i,k}^{j,t} - C_i^0)}{10}$$

[0083] 其中, $R_k^{j,t}$ 代表t时刻道路j离散后的道路段k对应的空气污染暴露风险系数, M_i 代表空气污染物类型为i的致死率, $C_{i,k}^{j,t}$ 表示t时刻道路j离散后道路段k在中点位置提取的空气污染物类型为i的暴露浓度, C_i^0 代表空气污染物类型为i的暴露风险阈值浓度,m表示空气污染物种类数;致死率如: M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 、 M_6 分别代表空气污染物PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO、NO₂、O₃的致死率

[0084] 再次,计算t时刻各道路段所对应的空气污染暴露风险权重:

$$[0085] W_k^{j,t} = \frac{d_0^t}{V^j} * R_k^{j,t}$$

[0086] 其中, $W_k^{j,t}$ 代表t时刻道路j离散后的道路段k对应的空气污染暴露风险权重, d_0^t 代表t时刻道路离散最佳间隔, V^j 表示交通道路j的最高限制速度;

[0087] 最后,计算各条道路空气污染暴露风险权重:

$$[0088] W^{j,t} = \sum_{k=1}^n W_k^{j,t}$$

[0089] 其中, $W^{j,t}$ 代表t时刻道路j空气污染暴露风险权重,n表示道路j离散后的道路段数。

[0090] 4、低空气污染暴露风险道路路径动态选择方法,本发明采用的低空气污染暴露风险道路路径动态选择步骤包括:

[0091] 首先,如图4所示,以人或交通工具所处的位置为圆心,并构建以r为半径的缓冲区,且逐渐增加缓冲区的半径,当缓冲区范围内包含任何一条道路的端点时停止,并将该道路的端点作为道路路径选择的起点;同理,以人或交通工具需要到达的位置为圆心,构建以并构建以r为半径的缓冲区,且逐渐增加缓冲区的半径,当缓冲区范围内包含任何一条道路的端点时停止,并将该道路的端点作为道路路径选择的终点;

[0092] 然后,如图4所示,基于上述步骤2计算的t时刻各条道路空气污染暴露风险权重,以道路路径选择的起点和终点之间的所有道路构建无向完全连接图;

[0093] 最后,如图4所示,基于不同时刻各条道路空气污染暴露风险权重的动态变化,进行道路路径动态选择,具体的计算过程如下:

[0094] 1) 设t时刻道路路径选择的起点为 N_{start}^t , 并将该点属性标记为(Start, 0); 设道路路径选择的终点为 N_{end}^t ; 计算起点 N_{start}^t 到与其存在连接关系的所有道路端点之间空气污染暴露风险权重的最小值, 并标记该最小值所对应的道路端点; 这里设该道路端点为 N_i^t , 属性标记为:

$$[0095] \quad \left(N_{start}^t, \sum_{N_{start}}^{N_i} W^t \right)$$

[0096] 表示经由 N_{start}^t , N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间空气污染暴露风险权重的最小值为 $\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t$, 且由于道路端点为 N_i^t 与起点直接相连, 上述属性标记中存在关系:

$$[0097] \quad \sum_{N_{start}}^{N_i} W^t = W^{i,t};$$

[0098] 其中 $W^{i,t}$ 代表t时刻道路端点 N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间道路i空气污染暴露风险权重, 除上述道路端点外, 其余道路端点为未被标记的道路端点, 设置两个集合 U_1^t 和 U_2^t , 分别存储上述t时刻已被标记的道路端点和未被标记的道路端点, 也即是:

$$U_1^t = \{N_{start}^t, N_i^t\}, \quad U_2^t = \{N_1^t, N_2^t, \dots, N_j^t, \dots, N_{end}^t\};$$

[0099] 2) t时刻经由已被标记的道路端点 N_i^t , 从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到未被标记的道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

$$[0100] \quad \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t = \min(\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t + W^{j,t})$$

[0101] 其中, $\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$ 表示t时刻从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值, $\sum_{N_{start}}^{N_i} W^t$ 表示t时刻从道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点 N_i^t 之间空气污染暴露风险权重的最小值, $W^{j,t}$ 代表t时刻道路端点 N_i^t 到道路端点 N_j^t 之间道路j空气污染暴露风险权重; 如果部分已被标记和未被标记的道路端点之间不存在连接关系, 将这些端点之间空气污染暴露风险的权重值 $W^{j,t}$ 设为无穷大;

[0102] 3) 同时构建动态集合 O^t , 重复上述步骤2) 依次计算并存储t时刻经由集合 U_1^t 中已被标记的道路端点 N_{start}^t 或者 N_i^t , 道路路径选择的起点 N_{start}^t 到道路端点集合 U_2^t 中的所有未被标记的道路端点 $\{N_1^t, N_2^t, \dots, N_j^t, \dots, N_{end}^t\}$ 之间路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

$$[0103] \quad O^t = \left\{ \sum_{N_{start}}^{N_1} W^t, \sum_{N_{start}}^{N_2} W^t, \dots, \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t, \dots, \sum_{N_{start}}^{N_{end}} W^t \right\}$$

[0104] 4) 求取上述t时刻动态集合 O^t 中的最小值:

[0105] $\min(O^t) = \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$

[0106] 5) 上述动态集合 O^t 中的最小值 $\sum_{N_{start}}^{N_j} W^t$ 所对应的道路端点 N_j^t 标记为:

[0107] $\left(N_i^t, \sum_{N_{start}}^{N_j} W^t \right)$

[0108] 其中,该标记表示为:t时刻经由道路端点 N_i^t ,从道路选择的起点 N_{start}^t 到被标记的道路端点 N_j^t 之间所有道路端点构成路径所对应的空气污染暴露风险权重总和的最小值;

[0109] 6) 更新集合 U_1^t 和 U_2^t , $U_1^t = \{N_{start}^t, N_i^t, N_j^t\}$, $U_2^t = \{N_1^t, N_2^t, \dots, N_{end}^t\}$;

[0110] 7) 重复步骤1)-6),直到t时刻道路路径选择的终点 N_{end}^t 被标记以为:

[0111] $\left(N_k^t, \sum_{N_{start}}^{N_{end}} W^t \right)$

[0112] 道路路径选择结束;向前搜寻道路路径选择终点 N_{end}^t 前一个对应道路端点 N_k^t ,并依次进行搜寻,直到回到t时刻道路路径选择的起点 N_{start}^t ,从而最终确定所有标记道路端点的连接顺序,以此确定具有最低空气污染暴露风险的道路路径选择方案;

[0113] 8) 依据上述步骤选择的最低空气污染暴露风险的道路路径,结合该路径中各条道路的限速数据,计算人或者交通运输工具预计行驶时间;

[0114] $\Delta t = \sum_{j=1}^u \frac{S^j}{V^j}$

[0115] 其中, Δt 表示预计行驶时间, S^j 表示交通道路j的长度, V^j 表示交通道路j的最高限制速度, u 表示道路路径选择结果中所有道路的条数;

[0116] 9) 如步骤2所述,设道路路径的选择时刻T,获取 $T + \Delta t$ 对应的整点时刻,当该时刻为t时,表示人或者交通工具按照当前时刻t道路选择的路径行进,在t+1时刻各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据发布前,能够到达终点,低空气污染暴露风险道路路径选择结束;当该时刻为t+1时,表示人或者交通工具按照当前时刻t道路选择的路径行进,在t+1时刻各监测站点位置空气污染物小时浓度监测数据发布前,未能到达终点,需要重新以t+1时刻人或者交通工具所处位置作为起点,人或交通工具需要到达的位置作为终点,根据步骤1实时更新后的t+1时刻各空气污染物浓度趋势面,并重复步骤2、步骤3,以实时动态更新t+1时刻各条道路空气污染暴露风险权重,进行t+1时刻低空气污染暴露风险道路路径实时动态选择。

[0117] 在以上对本发明的详细介绍中,应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

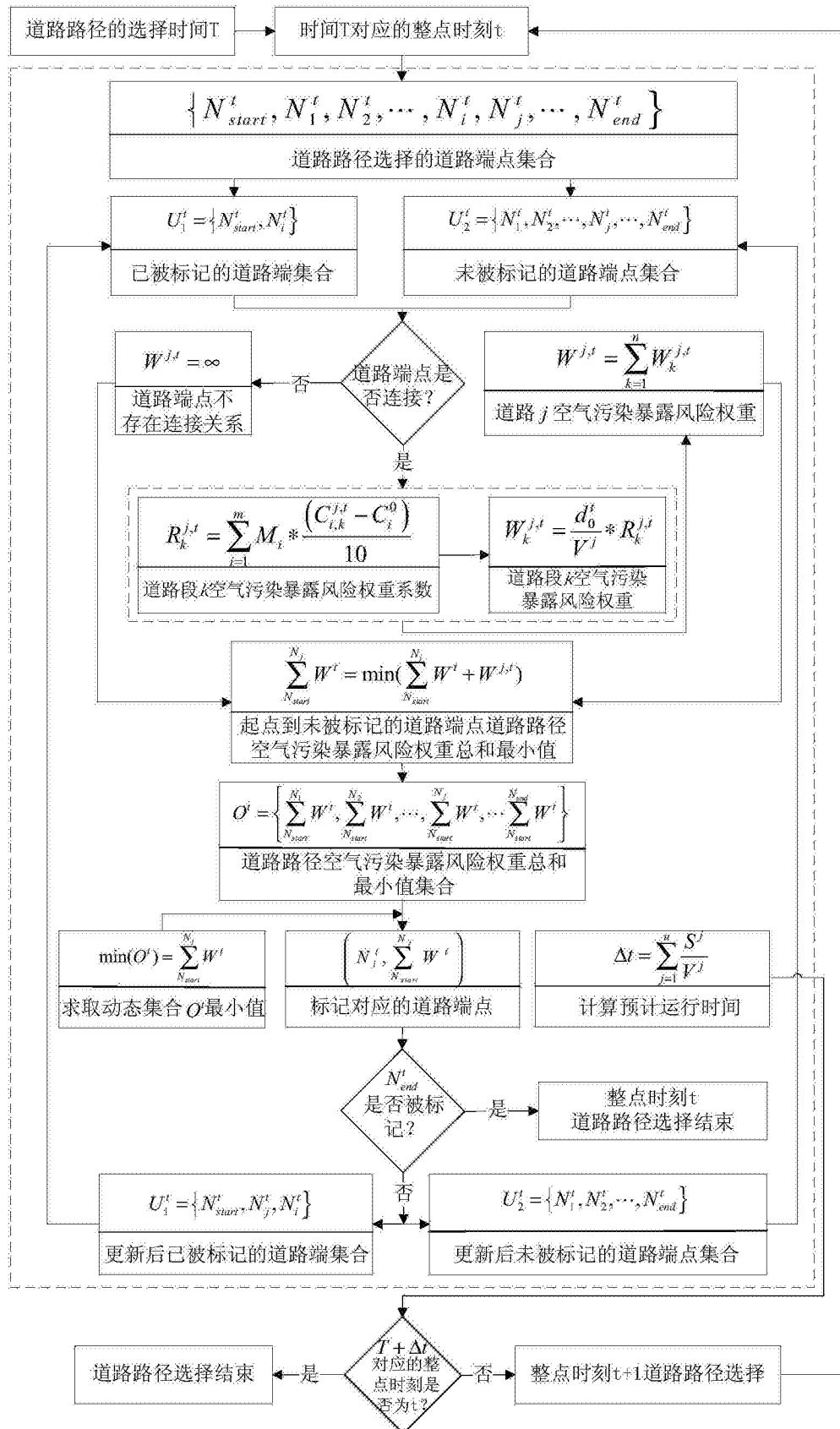


图1

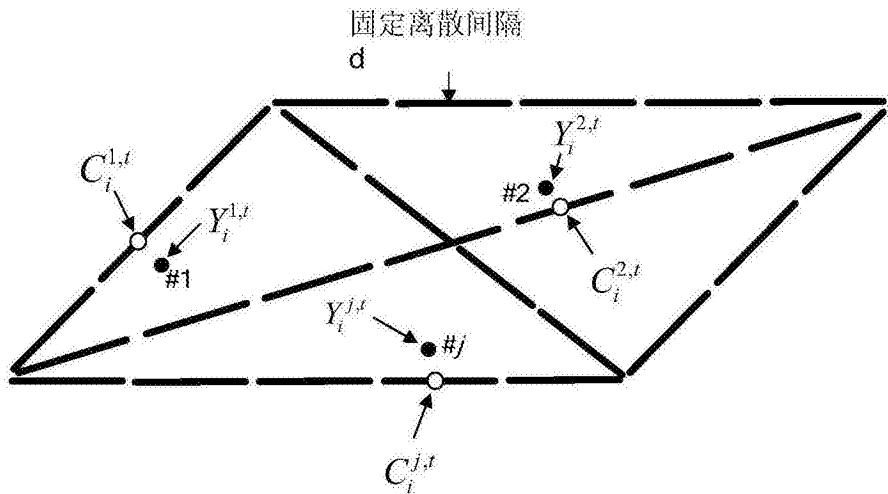


图2

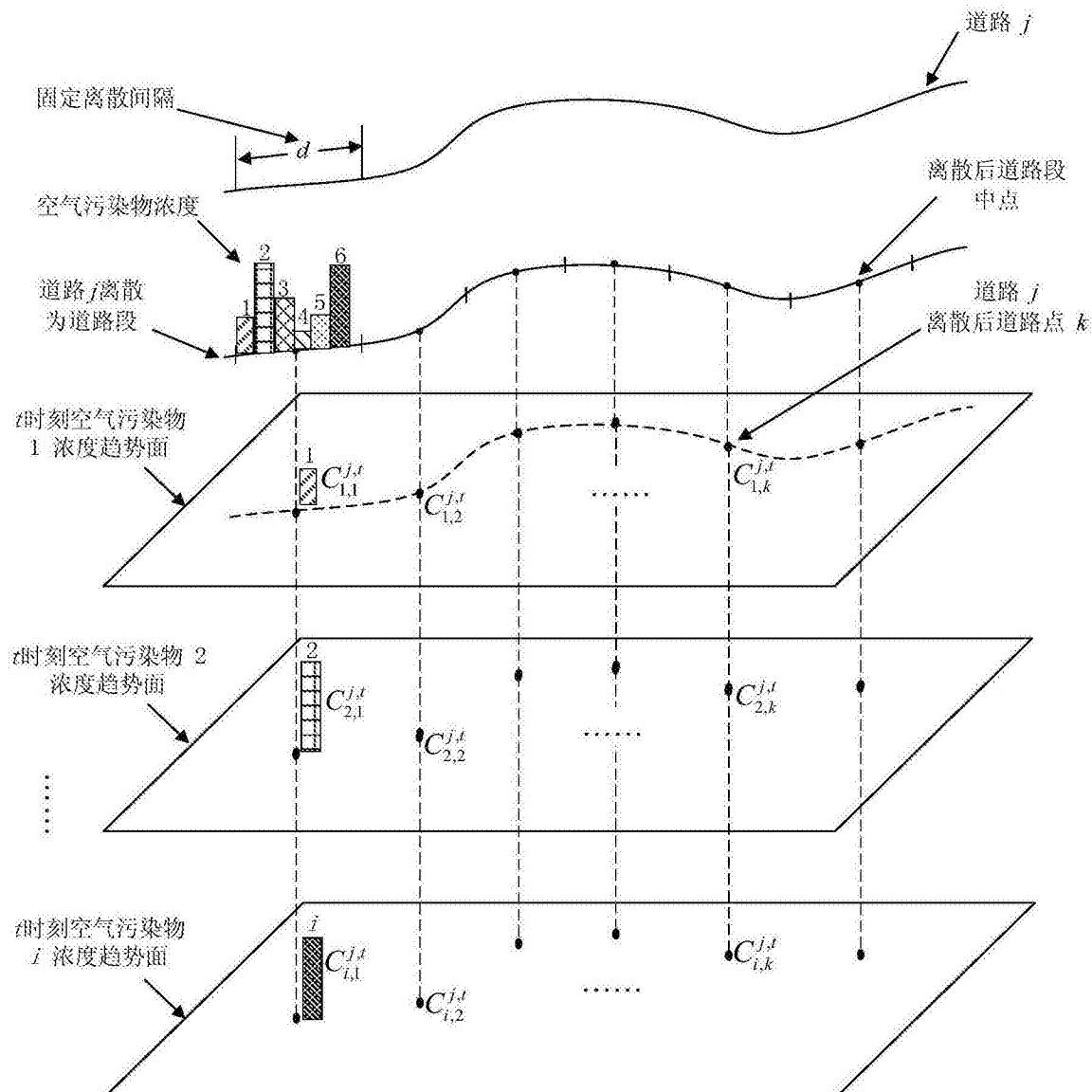


图3

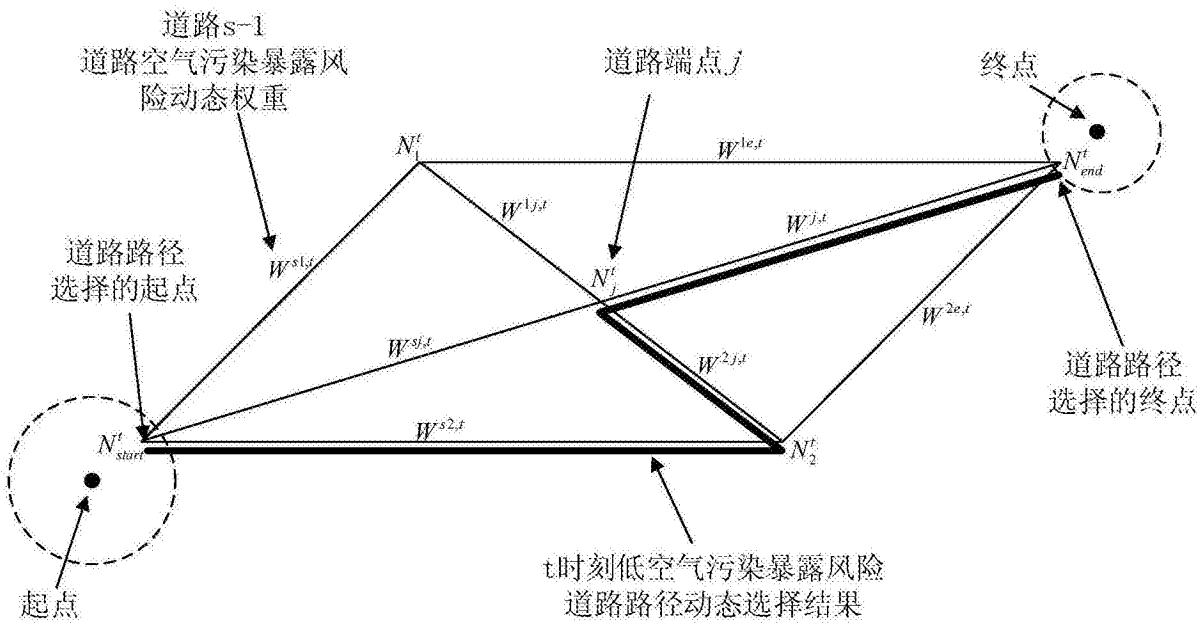


图4

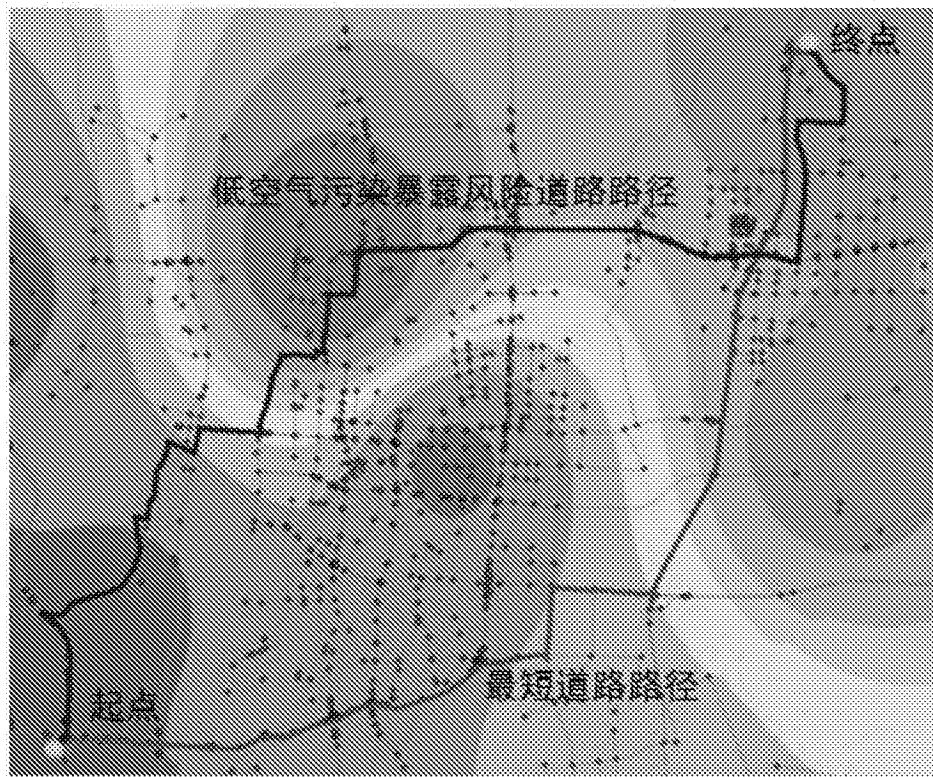


图5