

Cooperative Control of Multi-Site Environmental Risks in Dispersed Epidemic Areas Based on System Engineering Science

Shaoran Wang

China University of Geosciences, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

Since the end of 2019, a new type of coronavirus pneumonia (COVID-19) has become widespread in China, which not only seriously threatens the lives and health of the people, but also poses serious challenges to epidemic prevention and control. Based on the establishment of SIRS transmission mode of infectious diseases, this paper mainly studies the mechanism of secondary pollution caused by virus in environmental multi-media under the constraint of prevention and control level by fault tree analysis (FAH), analyzes the ecological environmental risk level of the epidemic by analytic hierarchy process (FAH), and studies the mechanism of ecological environmental risk diffusion in and after the epidemic Mode, and established the epidemic ecological environment risk early warning method.

Keywords

system engineering; new coronavirus; SEIR propagation dynamic model; epidemic prevention and control; secondary environmental pollutants; fault tree analysis method; analytic hierarchy process; environmental risk warning

基于系统工程科学方法对分散型疫区多点位环境风险的协同控制

王绍然

中国地质大学, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

2019年底以来,一种新型冠状病毒肺炎(COVID-19)在中国大范围流行,不仅严重威胁人民群众的生命安全和身体健康,同时也给疫情防控带来了严峻挑战。论文在建立传染病SIRS传播模型的基础上,主要通过故障树分析法(FAH)研究了在防控水平的约束条件下病毒在环境多介质中形成次生污染物污染环境的机制,通过层次分析法(FAH)分析了此次疫情的生态环境风险水平,还研究了疫中及疫后生态环境风险扩散机理与模型,并建立了疫情生态环境风险预警方法。

关键词

系统工程; 新型冠状病毒; SEIR传播动力学模型; 疫情防控; 次生环境污染物; 故障树分析法; 层次分析法; 环境风险预警

1 研究背景

2019年12月,中国武汉市发生了由一种新型冠状病毒2019-nCoV(即SARS-CoV-2)感染导致的肺炎疫情,2019-nCoV经过传播导致疫病在全国甚至全世界范围内流行,严重危害了人类健康,为了控制病毒的传播、保障人民的健康和生命安全,医疗界、政府各部门和广大科研工作者全力以赴开展了病毒相关的研究和防控工作。

疫情爆发后,全国各地启动重大突发公共卫生事件一级响应,全力应对不断发展的疫情,从疫情源头的生态环境保护,到疫情防治过程中的环境监测和废水与废弃物处置等环境治

理,再到疫情长远防控的生态保护与修复,环境监测治理和生态保护与修复将伴随疫情防控的整个过程。在此次疫情中,感染者众多导致医院成为重灾区,每天医生和病人都会产生大量携带病毒的医疗废弃物,而且有的患者在确诊前使用过的口罩极有可能也携带病毒,这些垃圾会跟普通的生活垃圾混在一起处理掉,很有可能会污染土地和水源并形成次生环境污染物^[1]。

在这场病毒防疫战中,疫区在家隔离的人们不可避免地会接触到民用防疫废物,如口罩、手套、废纸、消毒水等,这些东西数量众多并且分布较广,且大多与生活垃圾混合在

一起,因此在处理这些可能携带病毒的废物的时候不可避免地会产生次生环境污染,存在病毒传播的风险。而在病毒的重灾区的医院,每天更是会产生大量的医疗废物及医疗废水^[2],这些医疗废物和医疗废水中的病毒会挥发到空气中或者排放到地下废水中,进而对生态环境产生危害^[3]。

所以如何有效控制环境风险以及建立疫情分散区生态环境风险预警方法成为现在急需解决的问题。因此,我们急需建立集风险监测、评价、预警和控制为一体的环境保护系统,主要包括如何减少病毒产生次生污染物对环境的危害和生态风险评价,并研究环境风险累计扩散的模型,建立环境风险预警平台^[4]。

2 SIRS 肺炎疫情传播模型

2.1 SIRS 模型介绍

随着卫生设施的改善、医疗水平的提高以及人类文明的不断发展,如霍乱、天花等曾经肆虐全球的传染性病毒已经得到有效的控制,但是一些新的、不断变异着的传染病毒却悄悄向人类袭来。长期以来,建立数学模型以描述疾病的传播过程从而寻找抑制传播的方法一直是科学领域探索的方向。但是由于疾病传播的复杂性,仅能从一般的传播机理角度建立大致的传播模型,提出一种与实际情况较为接近的传染病传播模型——SIRS 模型。

大多数传染病如天花、流感、肝炎、麻疹等治愈后均有很强的免疫力,所以病愈的人既非健康者(易感染者),也非病人(已感染者),他们已经退出传染系统,这种情况比较复杂,下面将详细分析建模过程。

2.2 疫情模型假设

在疾病传播期内所考察地区的总人数 N 不变,既不考虑生死,也不考虑迁移,人群分为以下三种:

(1) 易染状态 S (Susceptible),即健康状态,可被感染的个体。

(2) 感染状态 I (Infected),处于感染状态的个体还能够感染将康状态的个体。

(3) 移除状态 R (Removed,Refractory or Recovered),也称为免疫状态和恢复状态。一个个体经历过一个完整的感染周期后,该个体就不再被感染,因此就可以不再考虑该个体

a 每个病人每天有效接触的平均人数是常数 λ ,称为日接触率:当病人与健康者有效接触时,使健康者受感染变为病人。

b 每天被治愈的病人占病人总数的比例为常数 μ ,称为日治愈率,病人被治愈后仍有可能被感染为病人,那么可认为 $1/\mu$ 是该疾病的平均传染期。

c 初始时刻,只有少数个体处于感染状态,其他都是易染状态。

d 假设疾病的时间尺度远小于个体生命周期,从而不考虑个体的出生和自然死亡。

e 完全混合(Fully mixed):每一个个体与其他个体接触的机会均等。

每个病人每天可使 $\lambda s(t)$ 个健康者变为病人

每天有 μNi 个病人被治愈

定义接触数(σ): $\sigma = \lambda/\mu$

可见接触数 σ 是病人平均传染期内有效接触的人数

2.3 疫情模型实现 (MATLAB 仿真)

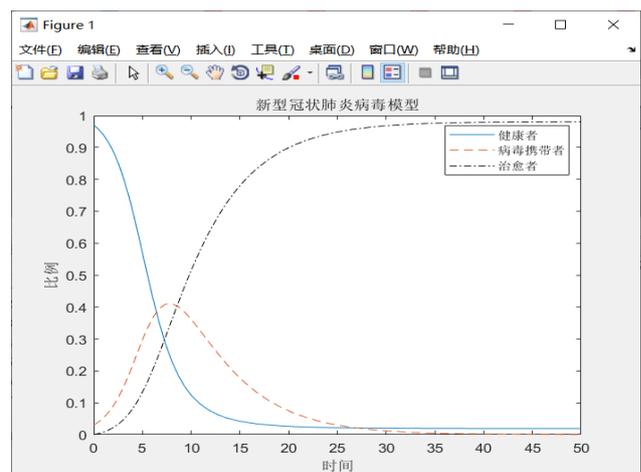


图 1 疫情模型仿真结果

3 基于 SEIR 模型分析疫情

3.1 疫情现状

新型冠状病毒(2019-nCoV)是一种 β 属的冠状病毒,引起以肺部炎症病变为主的疾病,导致一系列与 SARS 相似的呼吸系统疾病症状,如呼吸困难、呼吸窘迫综合征或脓毒症休克,增加患者进入重症监护室(ICU)的概率和病死率。自 2019 年 12 月在湖北省武汉市发现 2019-nCoV 以来,疫情快速蔓延。为快速抑制病情蔓延,国家出台多种举措。从 2019-nCoV 的特点入手建立 SEIR 模型,分析目前防控手段的有效性。

3.2 SEIR 模型建立

使用 SEIR 模型揭示 2019-nCov 的传播过程，鉴于国家卫生健康委员会宣布 2019-nCoV 肺炎潜伏期具有传染性，因此设计了包含潜伏期传染性的 SEIR 流行病模型。

模型涉及 4 类人群：易感人群 (S)、潜伏人群 (E)、感染人群 (I)、移除人群 (R)。

假设康复概率是 γ ，易感者的感染概率是 β ，感染者接触的人数是 r ，潜伏者会传染易感者的概率为 β_2 ，潜伏者每天接触的人数是 r_1 ，另假设潜伏者的传染率与易感者的感染概率相同，则有如下方程组：

$$\begin{aligned} S_i &= S_{i-1} - r\beta I_{i-1} S_{i-1} / N - r_1 \beta_2 E_{i-1} S_{i-1} / N \\ E_i &= E_{i-1} + r\beta I_{i-1} S_{i-1} / N - \alpha E_{i-1} + r_1 \beta_2 E_{i-1} S_{i-1} / N \\ I_i &= I_{i-1} + \alpha E_{i-1} - \gamma I_{i-1} \\ R_i &= R_{i-1} + \gamma I_{i-1} \end{aligned}$$

其中， i 是 2019-nCov 传播的天数， N 是总人数， $N = S_i + I_i + R_i + E_i$ ， S_i 、 E_i 、 I_i 、 R_i 分别表示第 i 天时易感人群人数、潜伏人群人数、感染人群人数、移除人群人数， α 表示潜伏者转化为感染者的概率。

3.3 SEIR 模型仿真结果

(1) 在采取停工停课但不限制出行防控措施下 2019-nCoV 的爆发趋势如图 2 所示。

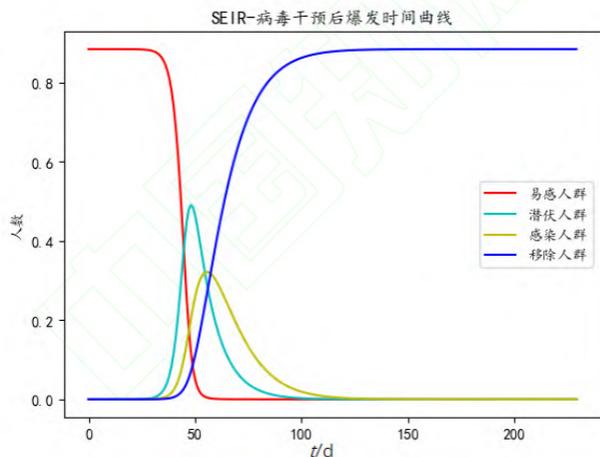


图 2 不限出行措施施行后 2019-nCoV 的爆发趋势

(2) 在采取停工停课限制且限制出行措施 2019-nCoV 的爆发趋势如图 3 所示。

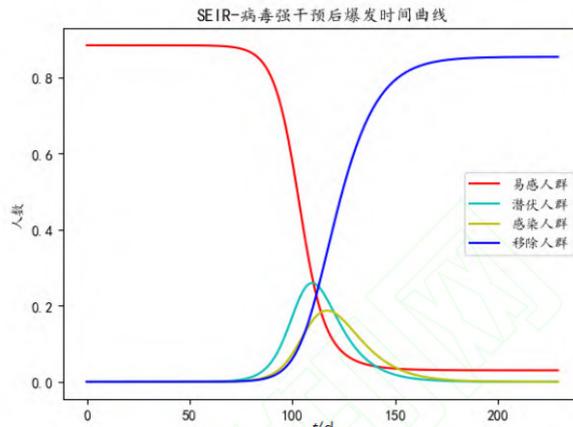


图 3 限制出行措施下疫情变化趋势

3.4 SEIR 模型仿真结果分析

在采取停工停课但不限制出行防控措施下，2019-nCoV 的爆发趋势如图 1 所示，疫情会在 50 天左右月附近迎来顶峰，并且感染人数将远超目前的情况图 2 显示了限制出行措施，即限制社区居民外出，每家每天指派一人购买生活用品政策，假设感染者平均每天接触人数 $r=3$ ，潜伏者接触人数 $r_1=5$ ，治愈率较之前有所提高，从国家卫生健康委员会疫情通报数据上显示，治愈率提高 25%。

4 新型冠状病毒形成次生环境污染物分析

病毒进入水体后吸附凝结和沉淀在悬浮颗粒上的病毒反而会受到保护，增加其存活时间。影响水环境中病毒存活的因素非常多，大部分影响因素非常复杂，许多因素有直接的相互影响，如细菌和水中藻类的活性直接影响病毒的存活，同时它们又受到原生动物密度、捕食、pH、溶解氧、光和温度的影响。因为现在对新冠病毒了解的还不够透彻，而新冠又被认为是 SARS 病毒的姊妹病毒，SARS 冠状病毒在体外环境中的存活情况随温度而异，20℃避光条件下在医院污水、生活污水和脱氯自来水中只能存活 2d，在粪便中可以存活 3d，在生理盐水中可以存活 14d，在尿液中可以存活 17d；4℃情况下，SARS 冠状病毒在上述各种水体中均可以存活 14d 以上，在粪尿中可以存活 17d 以上。

冠状病毒是一种单链的 RNA 病毒，病毒在光滑的物体表面，可以存活数小时，如果温度、湿度合适，则有可能存活数天，如在温度 20 摄氏度的环境，湿度在 40% 到 50%，有研究发现病毒有可能存活达五天，而在天气条件较为恶劣的地区，如

寒冷、干燥等，病毒的存活时间就会比较短，总而言之，冠状病毒在体外环境中存活时间较短，对常用消毒剂非常敏感，在使用各种消毒剂进行环境消毒以及温度慢慢升高的情况下，只要人们不出门，不在公共场合聚集，环境中基本不会有冠状病毒的残留，所以在陆地环境中形成的次生污染物不会很多，但是病毒在水环境中因为各种因素的影响，可以存活达数月之久。进入水体中的病毒不能继续繁殖，病毒总数在水环境中会随时间而减少，其中稀释、凝结和沉淀是病毒在环境中减少的因素。

5 故障树分析疫情对生态环境的影响

5.1 故障树分析法

由本课程第九章系统可靠性分析可知，故障树分析法(Fault Tree Analysis)简称FTA法，是一种从结果开始，自上而下逆向分析的逻辑分析方法。故障树法是指用以表明产品哪些组成部分的故障或外界事件或它们的组合将导致产品发生一种给定故障的逻辑图。简要说，故障树就是一种逻辑因果关系图，构图的元素是事件和逻辑门。其中，事件用来描述系统和元部件故障的状态；逻辑门用来把事件联系起来，表示事件之间的逻辑关系。

这里采用故障树分析法对病毒在环境多介质中形成次生环境污染物的机制进行分析，从病毒的传播、防控体系的完整程度和疫情对经济的影响三个环境风险方面入手进行分析，具体故障树图如下。

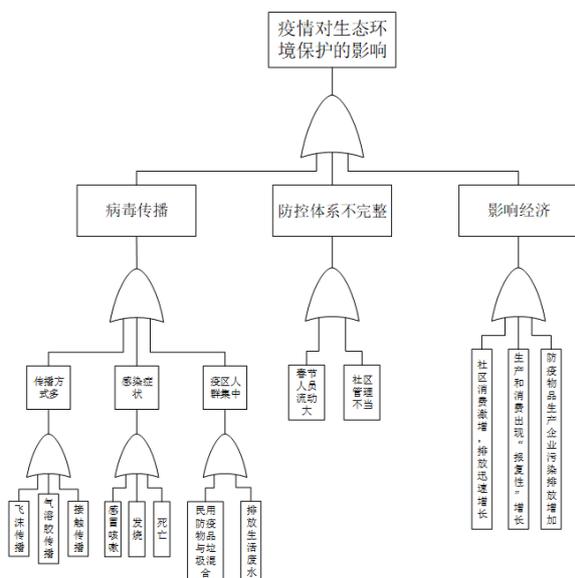


图4 疫情对生态环境的影响故障树分析图

5.2 疫情期间减少次生环境污染物的措施

①呼吁居民自己将防疫废物与生活垃圾进行分类，社区设置专门的地方收集防疫废物。

②加强对民用防疫废物的消毒杀菌，在转运前由专人对收集场所及周边进行消毒，然后再转入专门的运输车内，避免与其他生活垃圾弄混，做到统一回收，日产日清。在风险治理领域有这样一类现象，旨在降低一项风险的政策却又带来新的风险，将为应对目标风险而制定的政策带来的新的风险称为次生风险。

③利用好垃圾分类这个利器。疫情不仅考验着各地垃圾分类的治理能力，事实上生活垃圾分类工作对疫情的防控也发挥了不小的积极作用。垃圾分类可以推进生活垃圾无害化、减量化、资源化处置，分类的垃圾无害化处置就是对环境卫生优良的最大贡献，优良的环境卫生更是防止各类病毒、细菌传播的保障。

6 基于层次分析法进行环境风险测评

6.1 背景介绍

环境风险评价是以突发性事故导致的危险物质环境急性损害防控为目标对建设项目的环境风险进行分析、预测和评估，提出环境风险预防、控制、减缓措施，明确环境风险监控及应急建议要求，为建设项目环境风险防控提供科学依据。

环境风险评价主要分为两大类：定性评价方法和定量评价方法。定性评价方法有专家调查法、主观评价法、层次分析法等；定量评价方法有事件树分析法、故障树分析法等。这里引用层次分析法对疫情期间可能产生的环境污染进行分析。

6.2 层次分析法原理与步骤

层次分析法，简称AHP，是将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次，在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。主要思想就是将问题分解为不同的组成元素，并按照元素间的相互影响以及隶属关系将元素按不同层次聚集组合，形成一个多层次的分析结果模型，从而最终使问题归结为最低层（供决策的方案、措施等）相对于最高层，也就是总目标的相对重要权值的确定或相对优劣次序的排定。

详细步骤如下：

- (1) 明确问题，提出总目标。
- (2) 建立层次结构模型，把问题分解成若干层次。

- (3) 求同一层次上的权系数(从高层到低层)。
- (4) 求同一层次上的组合权系数。
- (5) 一致性检验。

6.3 建立递阶层次结构

AHP 递阶层次结构一般分为三层。

最高层(目标层):表示解决问题的目的,即层次分析法要达到的总目标。

中间层:包括准则层和指标层,表示采取某一方案来实现预定目标所涉及的中间环节。

最底层(方案层):表示要选用的解决问题的各种措施、策略、方案等。

根据对疫情期间环境风险的基本情况的了解,可能发生的风险事故包括:有毒物质排入水中、非正常处理医疗废水、未按规定消毒、随意处理生活垃圾、人与人之间的病毒传播、有毒物质扩散至大气、非正常处理医疗废气等,这些将会导致水源污染、人群感染、空气污染等,由此绘出环境风险层次图,如图5所示。

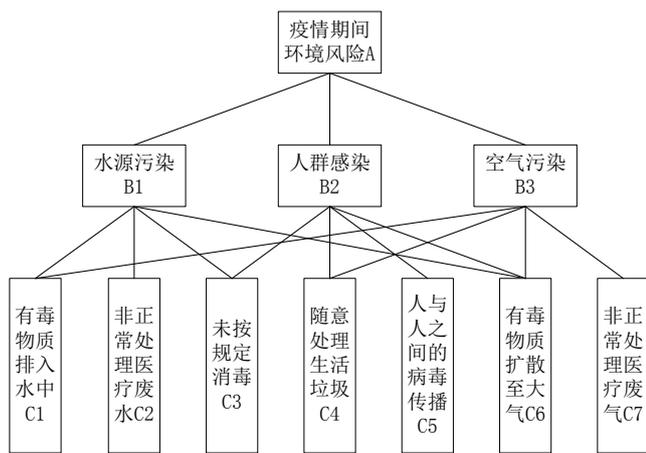


图5 疫情期间环境风险层次图

6.4 构造判断矩阵

建立层次分析模型后,上下层元素之间的关系就已经确定了,假定上一层元素作为准则,对下一层的元素具有支配关系,因此我们要按照元素的相对重要性给出相应的权重。以矩阵形式表示每一层中各指标的相对重要性,为使判断定量化,层次分析采用1~9标度方法,对不同情况的评比结果给予数量标度,如表1所示。

表1 层次分析标度表

i 因素比 j 因素相比重要性		i 因素比 j 因素相比不重要性	
1	i 因素于 j 因素同等重要		
3	i 因素于 j 因素相比稍微重要	1/3	i 因素于 j 因素相比稍微不重要
5	i 因素于 j 因素相比明显重要	1/5	i 因素于 j 因素相比明显不重要
7	i 因素于 j 因素相比重要得多	1/7	i 因素于 j 因素相比不重要得多
9	i 因素于 j 因素相比绝对重要	1/9	i 因素于 j 因素相比绝对不重要
2, 4, 6, 8	介于两相邻程度间	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	介于两相邻程度间

6.5 权重计算方法

计算权重的方法有和法、根法、特征根法(EM法),这里用和法来计算,并介绍判断矩阵一致性检验方法。

(1) 和法一般有以下三个步骤。

第一步:对 \bar{A} 的元素按列归一化,得 $\bar{A}=(\bar{a}_{ij})$

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

第二步:将归一化后的 \bar{A} 按行相加,得 $\bar{W}=[\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_n]^T$

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}$$

第三步:对 \bar{W} 归一化,得 $w=[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i}$$

从求得的权重向量 W 可得各方案的排序结果。

(2)对于判断矩阵 A , 定义 λ_{\max} 为 A 的最大特征根。人们总是希望所获得的判断矩阵 A 是一致性矩阵,但在实际的判断中完全一致是很难的,定义一致性指标 C.I. 为 $C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, 当完全一致时, C.I. 等于 0, C.I. 越大, 矩阵的一致性越差, 对 1~9 阶矩阵, 平均随机一致性指标 R.I. 如下表。当 $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} < 0.1$ 时, 认为矩阵具有满意的一致性, 否则需重新调整矩阵。

平均随机一致性指标 R.I. 值见表 2 所示。

表2 平均随机一致性指标

阶数	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R.I.	0.515	0.893	1.119	1.249	1.345	1.420	1.462	1.487	1.516

下面按照前面的层次递阶结构来计算权重矩阵见表 3-7。

表3 A—B

A	B1	B2	B3	W
B1	1	1/5	1/2	0.118
B2	5	1	4	0.681
B3	2	1/4	1	0.201

C.I.=0.0123, R.I.=0.515, C.R.=0.024 < 0.1, 具有较好的一致性。

表 4 B1—C

B1	C1	C2	C3	C6	W
C1	1	2	4	5	0.509
C2	1/2	1	3	2	0.368
C3	1/4	1/3	1	1	0.109
C6	1/5	1/2	1	1	0.114

C.I.=0.0089, R.I.=0.893, C.R.=0.01 < 0.1, 具有较好的一致性。

表 5 B2—C

B2	C3	C4	C5	C6	W
C3	1	1/3	1/2	2	0.167
C4	3	1	1/3	2	0.208
C5	2	3	1	5	0.48
C6	1/2	1/2	1/5	1	0.094

C.I.=0.077, R.I.=0.893, C.R.=0.086 < 0.1, 具有较好的一致性。

表 6 B3—C

B3	C1	C4	C6	C7	W
C1	1	1/2	1/5	1/2	0.099
C4	2	1	1/3	1/3	0.146
C6	5	3	1	2	0.478
C7	2	3	1/2	1	0.277

C.I.=0.038, R.I.=0.893, C.R.=0.042 < 0.1, 具有较好的一致性。

表 7 层次总排序表

	B1	B2	B3	总排序
	0.118	0.681	0.201	
C1	0.509		0.099	0.08
C2	0.368			0.043
C3	0.109	0.167		0.127
C4		0.208	0.146	0.171
C5		0.48		0.327
C6	0.114	0.094	0.478	0.173
C7			0.277	0.056

6.6 结果分析

层次分析法不仅广泛应用于环境风险评价, 在科学技术评价、教育评价、工程项目评价等也都有涉及。随着时代的发展, 环保越来越受人们的重视, 因此有关部门要加强对环

境的风险评价与评估, 从而及时做好应急预案及防控措施, 减少环境污染及次生环境风险。

由上面层次总排序表可知, 在防控水平的约束条件下, 最可能形成疫情生态风险的三种因素是 C4、C5 和 C6, 即 C4 随意处理生活垃圾, C5 人与人之间的病毒传播, C6 有毒物质扩散至大气, 分别占比分别为 0.171、0.327 和 0.173。

疫情期间环境风险最大的是人民群众的感染(占比 0.681), 其次是空气污染(占比 0.201)和水源污染(占比 0.118), 而造成这些最显著的就是人们没做好保护措施, 导致病毒在人群之间感染, 其次是没有合理地处理生活垃圾和有毒物质的扩散。

7 疫中及疫后生态环境风险扩散模型

7.1 问题分析

由上述疫情生态环境风险分析可知, 水源污染和空气污染在疫情期间容易积累和扩散, 下面就介绍水源污染和空气污染的扩散模型, 以便更合理的建立生态环境风险预警方法。

7.2 系统功能

环境风险预警系统是对一定时期的环境状况进行分析、评价与预测, 确定环境质量变化的趋势、速度以及达到某一变化限度的时间等, 需要适时地给出变化和恶化的各种警戒信息及相应对策。因此, 需要对大气、植被、地下水等各种生态环境进行监测, 运用大数据处理等技术, 对监测到的数据进行分析评价, 然后建立环境风险扩散模型, 对污染物的扩散情况进行模拟, 若达到环境风险阈值, 则应迅速提醒有关部门, 为后续的环境应急响应提供决策支持。

7.3 各类污染模型

7.3.1 大气污染扩散模型

污染物会随着大气扩散, 从而对周边的植物及居民造成危害, 因此要用大气污染扩散模型对污染物扩散趋势进行模拟, 为决策者提供辅助。选择大气污染扩散模型应从污染源和污染物的特征、模拟的时空范围及分辨率、模拟区域的下垫面特征等几个方面选择扩散模型^[5]。目前, 主要使用的是高斯模型, 也是国家环境质量评价标准中规定使用的模型^[6]。高斯模型具有以下几个优点: 模型具有坚实的实验基础, 前提假设比较符合实际; 物理意义比较直观, 便于分析各物理量之间的关系和数学推演; 数学运算比较简单, 运算效率高^[7]。

现有研究发现, 利用地理信息系统 (GIS) 可以实现与大气质量模型的集成, 借助 GIS 数据采集和分析功能, 可有效地用于大气质量评价模型。

7.3.2 地表水水污染模型

地表水水质预测模型采用最常见的、相对简单的一维水质模型。地表水的性质和状态基本符合一维水质模型的应用条件, 即水流速较小, 污染物进入水体后能在较短的时间内与水体均匀混合。污染物浓度在水环境中的一维变化是对流、分散和自然净化 3 种作用的结果。当水环境中对流、分散和自然净化同时发生时, 其数学表达式为:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} = E \frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} - k \rho$$

式中 ρ 为断面污染物平均质量浓度, mg/L ; x 为移输距离, m ; u 为水体平均流速, m/s ; E 为纵向分散系数, m^2/s ; t 为污染物流经某一河段的时间, s 。

环境风险系预警统模型可以利用一维水质模型在河流上选择排放点, 根据河流的宽度、流速、深度等数据结合 GIS 二次开发, 模拟污染物在河流里的扩散过程并以动画的形式展现。

7.3.3 地下水水污染模型

污染物在地下水迁移过程中可能会发生一系列生物化学和地球化学反应, 从而使污染物浓度发生变化。描述三维非稳定条件下地下水系统中 k 种组分运移的偏微分方程为

$$\frac{\partial(\theta \rho^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta D_{ij} \frac{\partial \rho^k}{\partial x_j}) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i \rho^k) + q_s \rho_s^k + \sum R_n$$

式中 ρ^k 为 k 组分的溶解项质量浓度; θ 为地层介质的孔隙度; t 为时间; x_i 为沿直角坐标系轴向的距离; D_{ij} 为水动力弥散系数张量; q_s 为单位体积含水层流量, 它代表源 (正值) 和汇 (负值); ρ_s^k 为源或汇水流中 k 组分的质量浓度; $\sum R_n$ 为化学反应项; v_i 为孔隙水平平均实际流速, 它与单宽流量 (单宽流量即单位溢流宽度上的流量) 存在如下关系: $v_i = \frac{q_i}{\theta}$ 。

环境风险系预警统模型采用上述偏微分方程, 地形数据采用经 DEM (数字高程模型) 作为辅助信息修正的地下水位趋势面数据, 结合 GIS 二次开发, 计算 k 物质在地下水中的扩散趋势, 按照 1a、2a、5a、10a、20a 的顺序生成图层, 以动画的形式呈现出来。

地理信息系统 (GIS) 可以实现污染物的演变机理分析和

动态模拟过程。地理信息系统可以对空间数据按空间位置进行管理并研究各种空间实体间的相互关系, 在地理信息系统平台上开发环境风险预警系统, 可以迅速获取所需要的信息, 以地图和图形的方式表达出来。

将传统的环境模型与地理信息技术相结合, 再充分利用云计算、大数据等现代信息技术, 可以实时的监测数据, 搭建可视化平台, 使环境的动态监测、评价及预警的准确性有了很大的提升。

8 生态环境风险预警方法

有了环境风险预警模型, 下一步就要建立完整的风险预警体系。从环境预警从动态角度看, 着重在四个方面对生态退化和环境质量恶化过程的监测、预测: 一是看环境质量变化的方向是否退化或恶化; 二是看环境质量的退化或恶化速度快不快; 三是判断环境质量的现状是否已经处于较差的状态, 并是否有继续恶化的趋势; 四是分析环境质量是否会面临一个突变过程而发生重大恶化。环境质量现状在预警系统中起到基点的作用, 如果现状较好, 则在较大的环境压力下, 也有可能仍然维持较好的环境质量; 如果现状较差, 则可能微小的冲击就会导致环境质量进入警戒状态, 所以根据上述生态风险分析我们首先要检测各个地方的水质情况和空气质量, 如果水质情况和空气质量较差的话, 那么就要进入警戒状态了。预警的核心是要建立自己的预警技术和手段, 主要包括未来环境预测, 预警参数选择以及各种警戒线的确立等工作。合理选择评价因素可以使预警既客观又容易操作, 要充分运用知识预计未来环境可能的变化, 设置预警的参数, 因为在环境变化过程中, 存在一些临界值, 临界值两侧往往代表了不同的发展方向, 如果超过了临界值, 则说明环境恶化的速度会加快, 人类必须加紧解决污染问题, 不然可能会造成非常严重的后果。为了更清晰直观地知道生态环境的危险程度, 在预警方面也可进行分类, 可分为不良状态预警、恶化趋势预警、恶化速度预警、临界点预警和灾变预警五种模式。

针对现在的环境状况, 中国已经开发出很多种类的环境风险预警系统, 但还没有较成熟的、针对不同风险源或未知风险源、应对突发状况的预警系统, 为此要加快预警平台的构建、强化预警技术、加快预警技术建设。未来应综合集成

环境风险预警模型、信息采集处理与传输、传感器及数据可视化等单项技术,以地理信息系统为基础,开发环境污染事件预警技术系统,建设环境风险预警技术应用平台。

参考文献

- [1] 高华,代侦勇.基于改进元胞自动机的水污染扩散模拟[J].测绘地理信息,2020
- [2] 张波.基于GIS的水污染事故水质模拟系统动力学模型研究[M].北京:中国环境科学出版社,2010
- [3] 朱军,林琿,徐丙立.基于粒子系统的空气污染扩散模拟研究[J].高技术通讯,2009(03).
- [4] 陈国阶,何锦峰.生态环境预警的理论和方法探讨[J].重庆环境科学,1999(04).
- [5] 中华人民共和国生态环境部.生态环境健康风险评估技术指南.中华人民共和国国家环境保护标准,2020.
- [6] 李捷,张玉福,许祯,等.环境预警系统在天津开发区环境质量评估中的应用[J].城市环境与城市生态,2002,15(5):40-44.
- [7] 俞露,陈吉宁,曾思育,等.区域水环境安全预警系统框架的建立及应用[J].环境监测管理与技术,2005,17(6):7-10.