

高速铁路沿线生态环境影响计算与分析

刘江伟

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300142)

摘 要: 高速铁路的建设和运营对沿线的生态环境产生不同程度的负面影响,对不同影响要素进行分析并定量计算影响度是研究的难点。本文系统分析高速铁路对沿线生态环境所产生的影响,将生态环境影响一级要素分为自然生态、景观环境、社会生态要素,并对各二级要素提出具体量化和计算方法。在高速铁路生态环境影响分析指标体系的基础上,构建模糊综合分析模型,依据京广高速铁路武汉至长沙段数据,计算高速铁路对沿线生态环境造成的不同影响。分析表明,该段高速铁路对沿线生态环境的影响主要是自然生态和社会生态影响,在高速铁路的建设和运营阶段需要重点加强对自然生态的保护,妥善处理沿线民众利益诉求。

关键词: 高速铁路; 生态环境; 模糊分析

中图分类号: X826

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2017)06-0601-08

1 引言

目前,高速铁路在中国快速发展,截至2015年,中国高速铁路运营里程达到1.9万公里,在建线路3157公里^[1]。高速铁路在拉近和缩短城市间的时空距离,促进交通发展,改善和推动区域间经济与社会的交流与发展等方面具有重要作用。此外,高速铁路有利于保护生态环境,降低运输能源消耗,有效降低和防治噪声污染,促进土地节约和高效利用^[2]。但高速铁路的建设与发展在促进经济增长的同时,也对铁路沿线的生态环境产生重要影响。

邵琳、林柏梁^[3]分析沙漠环境下铁路对沿线生态造成的影响。周新军、薛峰^[4]着重从生态环境保护,噪声防治、土地资源的利用等方面对高速铁路环境影响进行分析。严冬松、黄元亮^[5]基于改进的实测值隶属度模糊矩阵和指标权重计算

方法,研究了铁路环境噪声对周围居民区造成的影响。朱勇、杨睿等^[6]以京沪高速铁路建设为案例,提出高速铁路环境评价指标体系,并对京沪高速铁路建设阶段环境状况进行评判。马利衡^[7]从铁路振动角度对沪宁城际高速铁路对周围环境影响展开分析与研究。以上研究在分析高速铁路的建设和运营所引起的生态环境影响上,缺乏系统性、全面性和整体性,环境要素的研究比较单一。高速铁路对沿线生态环境影响十分复杂,受许多不同环境要素的制约,对不同要素的影响程度也不相同,因此对不同的影响需要进行科学合理、全面系统的分析,并运用合理的方法将这种影响予以量化,减少生态影响分析的主观性。本文通过对高速铁路沿线生态环境的影响系统和全面的分析,对不同环境要素的影响提出计算的方法,并根据分析建立高速铁路沿线生态环境影响模糊层次分析模型,以阐明高速铁路的建设和运

营对沿线生态环境的影响。

2 高速铁路环境影响要素分析

高速铁路的建设和运营, 将对生态环境的诸多方面产生重要影响。本文将高速铁路对生态环境产生影响的要素分为自然生态要素, 景观环境要素和社会生态要素。

2.1 自然生态要素

(1) 大气环境 在铁路建设期, 工程机械运用会排放大量废气和污染性气体, 同时施工人员生活和交通工具运用也将对空气产生不同程度污染。在运营期, 尽管高速铁路普遍采用电力牵引, 实现大气污染物零排放, 但对沿线大气环境分析时, 供电站产生的污染物也应予以考虑。对于大气污染情况的度量, 可以采用等标污染指数 P [8] 进行量化。

$$P = \sum_i^n P_i \quad (1)$$

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}} \quad (2)$$

其中, C_i -第 i 种污染物的实测值, 单位是 mg/m^3 , C_{si} -第 i 种污染物的环境质量标准值, 单位为 mg/m^3 ; P_i -第 i 种污染物的污染指数; n -沿线大气环境中污染物的种类数量。

(2) 水环境 在高速铁路建设期, 施工人员的生活废弃物和生活污水、施工机械燃油、施工产生的固体废弃物等进入水体会对地表和地下水水质产生影响; 在运营期, 铁路服务区生活污水、车辆检修和旅客列车排放的污水都会导致水污染。本文用水质污染指数 W_p [9] 衡量水环境污染程度。

$$W_p = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_m^2}{2}} \quad (3)$$

$$I = \frac{C}{C_s} \quad (4)$$

其中, I -污染物的污染指数; C -污染物的实测浓度值, 单位 mg/L ; C_s -污染物的标准值, 单位 mg/L ;

I_A -各单项污染指数的平均值, 单位 mg/L ; I_m -单项污染指数的最大值。

(3) 声环境 无论在高速铁路的建设阶段还是在运营阶段, 都有大量的噪声产生。在建设阶段, 工地机械运转导致巨大的轰鸣声是噪声的主要来源。在线路运营阶段, 列车的高速运行, 会产生为钢轨和车轮的转动噪声、车体的空气阻力噪声、结构物噪声、电装置的受电系统噪声 [10]。对于噪声污染的衡量, 通常采用噪声指数 N 予以度量。

$$N = \sum_i^n N_{di} + \sum_i^n N_{ni} \quad (5)$$

$$N_{di} = \frac{M_{di}}{N_{Sdi}} \quad (6)$$

$$N_{ni} = \frac{M_{ni}}{N_{Sni}} \quad (7)$$

上述中, M_{di} 、 M_{ni} 分别表示铁路沿线路段 i 白天、夜晚噪声量值平均值, 单位 dB ; M_{Sdi} 、 M_{Sni} 分别是路段 i 白天、夜晚环境噪声标准值; N_{di} 、 N_{ni} 分别是路段 i 在白天和夜晚的噪声影响指数, n 是沿线区域路段数量。

(4) 电磁空间 在高速铁路建设和运营阶段, 特别是运营阶段, 由于列车通信和系统控制的需要, 会产生大量的电磁辐射, 扩散到周围的环境中, 高速列车受电弓和接触网导线相对高速滑行、接触网高压电流也将产生电磁辐射。依据国家电磁辐射安全标准, 同时考虑铁路线路电磁辐射, 本文采用电磁辐射指数 E 以度量铁路沿线生态环境可能受到的电磁辐射影响。

$$E = \sum_i^n \frac{F_i}{F_{is}} \quad (8)$$

其中, F_i -路段 i 范围内, 铁路沿线电磁辐射检测的功率密度平均值, 单位为 W/m^2 , F_{is} -路段 i 范围内铁路电磁辐射国家标准限值, 单位为 W/m^2 。

(5) 沿线植被 高速铁路对植被的破坏主要集中在施工过程中。在建设阶段, 施工场地可能需要毁林占地, 地表植被遭受损失, 使区域内地

表裸露增加,对环境的稳定性下降。铁路建设对沿线地表植被影响不仅具有地理空间分布特点,还有时间累积效应。线路越长,通过地段的生态系统越复杂,植被覆盖率越高,时间越久,其影响和破坏的程度就越大^[11]。本文以植被覆盖率(植被所覆盖的面积占研究区域面积的百分比)来量化高速铁路对植被的影响。植被覆盖率 D 的计算如下^[12]：

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n d_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \times 100\% \quad (9)$$

式中, D -区域总覆盖率, d_i -某种类型土地的平均覆盖率, S_i -此类型土地的面积, n -区域中不同土地类型数目。根据植被覆盖率赋予不同生态下植被敏感指数以判断植被受到影响的程度(表1)。

表1 植被敏感指数

植被覆盖率	≥ 80	≥ 60	≥ 40	≥ 20	< 20
敏感指数	9	7	5	3	1

(6) 珍稀动植物 铁路穿越珍稀动植物所在区域会极大地改变和影响沿线生物的生存环境,同时,由于铁路的隔离效应和接近效应,使得珍稀动植物的生存环境破碎化,极大的缩小其生存范围^[13],使沿线生物活动范围岛屿化,生存在其中的珍稀动植物将变得脆弱。本文采用珍稀动植物指数 R 予以量化铁路沿线生态环境中珍稀动植物。

$$R = \sum_i B_i \cdot A_i + \sum_s H_s \cdot P_s \quad (10)$$

式中, B_i 、 H_s 分别为珍稀动物 i 、 s 植物系数; A_i 、 P_s 分别为珍稀动物 i 、珍稀植物 s 的种群数量; n 、 m 分别代表沿线生态环境中珍稀动物和珍稀植物种群类别数目。根据国家珍稀动植物保护的规定,珍稀动植物系数如表2、表3所示：

表2 珍稀动物系数

珍稀动物分类	濒危物种	一级保护动物	二级保护动物
珍稀动物系数	9	7	5

表3 珍稀植物系数

珍稀植物分类	濒危物种	一级保护植物	二级保护植物	三级保护植物
珍稀植物系数	9	7	5	3

(7) 物种多样性 高速铁路改变沿线生态环境的原始状态,对沿线生态环境中的不同物种的种群数量产生影响。适应能力强的物种可能在新的环境中得以迅速繁衍,而一些物种则会迁出铁路沿线的生存环境,进而引起铁路沿线生态环境的物种多样性变化。通常采用生物丰富指数 C (单位面积上不同生态系统类型在物种数量上的差异)来量化生态环境物种多样性^[14]。

$$C = A \times (S_f \times 0.35 + S_g \times 0.21 + S_w \times 0.28 + S_c \times 0.11 + S_b \times 0.04 + S_a \times 0.01) / S_A \quad (11)$$

$$A = 100 / (\max(S_f, S_g, S_w, S_c, S_b, S_a) / S_A) \quad (12)$$

其中, S_f -林地面积, S_g -草地面积, S_w -湿地面积, S_c -耕地面积, S_a -尚未利用土地面积, S_A -可能受到影响的铁路沿线区域面积。

(8) 水土保持 在高速铁路建设过程中,往往因为开凿隧道、修筑高路堤、填挖路基、挖损边坡等扰动地表或岩石层,造成对水土资源的破坏;在运营阶段由于高速列车运行引起的路基动力响应等问题导致水土流失,是一种典型的人为加速侵蚀。根据国家标准,水体侵蚀强度级数一共划分六级。本文采用区域水土流失影响系数 R_s 度量高速铁路沿线相关区域水土流失程度^[15]。

$$R_s = \frac{\sum_{i=1}^6 L_i S_i}{\sum_{i=1}^6 L_i} \quad (13)$$

其中, L_i -第 i 侵蚀强度级别内的路段长度; S_i -水土侵蚀强度级数。

2.2 环境景观要素

(1) 景观破碎 在高速铁路的建设阶段,由于工程建设不可避免充填沟壑、切割山坡、开挖

丘岗、砍伐树木、侵占湿地、分割草原等,使铁路沿线环境景观发生变化,改变景观斑块的比例结构,同时,作为大型线型建筑构造物,对景观产生强烈的分裂效果,加剧沿线景观的碎裂程度。景观破碎度 V 按下式计算^[16]:

$$V = \sum_i^u \frac{N_i}{S_i} \quad (14)$$

其中, N_i -景观类型 i 的斑块总数; S_i -景观类型 i 的总面积, 单位 hm^2 ; u -景观类型数量。

(2) 景观多样性 高速铁路建设在改变原有景观的同时,也使得高速铁路以人工构造物作为线性景观加入到生态环境中,丰富沿线环境景观,增加景观多样性,使生态环境景观系统结构变得复杂。景观多样性指数 H 可以用来衡量高速铁路沿线景观要素的组成及其复杂程度^[17]。

$$H = -\sum_{i=1}^u E_i \times \ln E_i \quad (15)$$

其中, u -景观类型的数量; E_i -第 i 种景观类型面积与研究总面积的比值。

(3) 景观格局 高速铁路作为环境景观新的组成部分,在加剧景观破碎的同时,改变生态环境原有的景观格局,使沿线环境的景观系统格局变得复杂,不同景观类型在景观系统中的地位发生变化。景观优势度指数 T ^[18]可以有效测度不同景观类型支配沿线环境景观系统的程度。

$$T = \ln(u) + \sum_{i=1}^u E_i \times \ln E_i \quad (16)$$

其中, u -景观类型的数量; E_i -第 i 种景观类型面积与研究总面积的比值。

2.3 社会生态要素

高速铁路的建设和运营不仅对自然生态产生重大影响,而且影响沿线的社会生态要素。高速铁路建设是在铁路沿线已有状态上的大规模的土工作业,影响到沿线居民的生产与生活。本文把高速铁路建设对沿线社会环境要素的影响分为建筑拆迁、耕地占用、移民安置等方面。

(1) 建筑拆迁 高速铁路经过村庄、城镇时必然要对沿线的建筑进行拆迁,对沿线居民的生活带来极大的不便。建筑拆迁量的大小通常以拆除建筑物的面积进行衡量。铁路沿线不同区段拆迁量存在很大差异,本文采用拆迁率 D 衡量铁路沿线一定范围内拆迁比重。

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n S_{di}}{S} \quad (17)$$

式中, S_{di} -路段 i 范围内因铁路建设需要拆迁的建筑总面积; S -铁路沿线一定范围内建筑总面积, n -铁路段数量。

(2) 耕地占用 铁路建设占用一定的耕地资源,对沿线居民的生产活动带来很大影响。同时,在铁路沿线不同区域耕地资源的丰富程度存在较大的差别,铁路建设对耕地资源丰富的区域影响相对较小,反之较大。因此采用耕地敏感指数 L ^[19]以度量高速铁路建设对沿线不同区域耕地资源带来的影响。

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i B_i}{L} \quad (18)$$

其中, L_i -第 i 路段的长度; B_i -路段 i 沿线一定范围内耕地资源敏感系数; L -经过农田的总路线长度。不同耕地资源敏感系数 B_i 如表 4 所示:

表 4 耕地资源敏感系数

人均耕地面积 (亩/人)	≥ 2.0	$[1.5, 2.0]$	$[1.0, 1.5]$	$[0.5, 1.0]$	< 0.5
耕地资源敏感 指数	1	2	3	4	5

(3) 移民安置 征地拆迁必然伴随这大量的移民安置工作,由于高速铁路沿线往往是经济和社会发展比较快的地区,移民安置工作的进展和完成情况,往往影响到铁路建设是否顺利进行,同时,人口的迁移也引起沿线社会生态的变化。本文采用人口迁移率 M 衡量因铁路建设沿线移民安置规模。

$$M = \sum_i^n \frac{P_i}{P_{is}} \quad (19)$$

其中, P_i -路段 i 沿线因高速铁路建设移民安置人数; P_{is} -路段 i 沿线一定范围内人口总数; n -路段总数。

3 高速铁路生态环境影响分析模型

3.1 高速铁路生态环境影响要素体系

根据上述分析, 高速铁路对沿线生态环境中自然生态、环境景观和社会环境要素造成不同程度的影响, 由此可以建立高速铁路沿线生态环境影响分析体系如表 5 所示。

表 5 高速铁路生态环境影响分析体系

一级要素	二级要素	分析属性
自然生态 A_1	A_{11} 大气环境	定量
	A_{12} 水环境	定量
	A_{13} 声环境	定量
	A_{14} 电磁空间	定量
	A_{15} 沿线植被	定量
	A_{16} 珍稀动植物	定量
	A_{17} 物种多样性	定量
	A_{18} 水土保持	定量
环境景观 A_2	A_{21} 景观破碎	定量
	A_{22} 景观多样性	定量
	A_{23} 景观格局	定量
	A_{31} 建筑拆迁	定量
	A_{32} 耕地占用	定量
社会环境 A_3	A_{33} 移民安置	定量

3.2 不同要素权重的确定

在进行不同层次多种影响要素综合分析时, 由于各种影响要素的不同层次和属性, 高速铁路对沿线生态环境的影响难以直接准确计量, 而层次分析法在对不同层次多要素分析方面具有实用性、系统性、灵活性的优点, 能够有效确定权重^[20], 因此本文运用层次分析法对不同层次多要素的权重予以确定。

(1) 建立分层次判断矩阵

判断矩阵表示针对上一层影响要素, 本层与之有联的各要素之间的相对重要和优越程度。

进行同一层级各要素之间的两两比较时, 用数值示相对重要程度, 并构造出判断矩阵。高速铁路沿线生态环境影响一级要素集 $A = [A_1, A_2, A_3]$, 二级要素集 $A_1 = [A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}]$, $A_2 = [A_{21}, A_{22}, A_{23}]$, $A_3 = [A_{31}, A_{32}, A_{33}]$ 。判断矩阵建立后, 分别求解不同层次判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量, 进行权重计算, 确立不同层次不同影响要素的权重。采用 1—9 及其倒数的标度方法构造判断矩阵 $U = (P_{ij})_{n \times n}$, 计算判断矩阵 U 的最大特征根及其特征向量 Y , 此特征向量是各影响要素的重要性排序。

(2) 判断矩阵的有效性检验

构造的判断矩阵与理论上的判断矩阵有误差, 当误差超过允许范围时, 构造的判断矩阵无效, 需要重新构造判断矩阵。判断矩阵是否有效的标准是 CR 值的大小, 其计算方法为

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (20)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (21)$$

其中, $\lambda_{\max}$ -判断矩阵的最大特征值, n -判断矩阵的维度, RI -平均随机一致性指标。

当 $CR < 0.10$ 时, 表明层次分析的结果具有满意的一致性, 否则判断矩阵无效, 需要调整判断矩阵的权值^[21]。

(3) 不同层次影响要素权重计算

根据上述层次分析法, 构造第一层次的判断

矩阵如下: $U = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$

根据 Matlab 计算出的判断矩阵最大特征根 $\lambda_{\max} = 3.0037$, $CI = 0.00185$, 当 $n = 3$ 时, $RI = 0.52$, 则随机一致性比率 $CR = 0.0035 < 0.1$, 则矩阵 U 满足一致性要求, 权系数分配合理。对得到的特征向量 $Y = (0.8711, 0.1640, 0.4629)$ 分量进行归一化处理, 得到三个一级要素的权重向量 $X_1 = [0.582, 0.109, 0.309]$ 。同理, 对各二级影响要素构造判断矩阵, 运用层次分析法求出同层次不同要

素的权重,再用 Matlab 软件求解最大特征根和相应的特征向量,并进行有效性检验,得到权重向量如下:

自然生态二级影响要素权重 $X_{21} = [0.098, 0.297, 0.093, 0.015, 0.307, 0.078, 0.029, 0.083]$

环境景观二级影响要素权重 $X_{22} = [0.238, 0.625, 0.137]$

社会生态二级影响要素权重 $X_{23} = [0.109, 0.583, 0.308]$

3.3 模糊层次分析模型

高速铁路对沿线生态环境不同要素造成的影响各不相同,且对沿线生态环境造成的影响主要是负面的,为从整体上分析高速铁路对沿线生态环境的影响,首先建立环境影响等级论域 $V=[V_1, V_2, V_3, V_4, V_5]$,其中 $V_1—V_5$ 分别代表基本无影响、一般影响、中等影响、强烈影响,剧烈影响。 V_1 、 V_2 可以忽略,由生态系统自我恢复, V_3 、 V_4 表明影响尚在可以控制的范围内但必须采取措施, V_5 表明影响超出可控范围,对生态环境的破坏难以弥补。综合相关研究成果,为便于分析,本文用分值表示各影响级别的标准,分别为 40, 50, 60, 70, 80 构造影响等级论域后,确定从单因素分析不同生态环境要素对各影响等级的隶属程度矩阵 R_{ij} , 矩阵元素 r_{ij} 表示要素 U_i 隶属于影响等级 V_j 的可能程度。

根据京广高速铁路武汉至长沙段生态环境状况并结合专家意见,在对自然生态一级要素进行分析时,确定各二级要素的数值向量是 $Z_1 = [42, 52, 63, 46, 65, 48, 38, 60]$, $Z_2 = [46, 44, 52]$, $Z_3 = [43, 52, 44]$ 。采用升半梯形法确定隶属函数,相应的单因素隶属度矩阵为

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.7 & 0 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

将权重向量 X_i 与隶属度矩阵 R_i 进行合成得到各一级要素的模糊层次分析向量 B_i , 其元素 b_j 是一级要素 i 从整体上看对影响等级论域的隶属程度,即 $B_i = X_i \times R_i$, 一级要素模糊层次分析结果如下: $B_1 = [0.091, 0.159, 0.502, 0.218, 0]$, $B_2 = [0.393, 0.497, 0.110, 0, 0]$, $B_3 = [0.156, 0.378, 0.466, 0, 0]$

高速铁路沿线生态环境影响整体模糊层次分析结果为

$$B = X_1 \times [B_1, B_2, B_3]^T = (0.582, 0.109, 0.309) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.091 & 0.159 & 0.502 & 0.218 & 0 \\ 0.393 & 0.497 & 0.110 & 0 & 0 \\ 0.156 & 0.378 & 0.466 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ = [0.147, 0.278, 0.448, 0.127, 0]$$

根据上述分析,高速铁路对沿线生态环境的不同影响值如下:

$$E_1 = 40 \times 0.091 + 50 \times 0.159 + 60 \times 0.502 + 70 \times 0.218 + 80 \times 0 = 56.97$$

$$E_2 = 40 \times 0.393 + 50 \times 0.497 + 60 \times 0.110 = 47.17$$

$$E_3 = 40 \times 0.156 + 50 \times 0.378 + 60 \times 0.466 = 53.1$$

$$E_t = 40 \times 0.147 + 50 \times 0.278 + 60 \times 0.448 + 70 \times 0.127 = 55.55$$

其中, E_1 -自然生态影响值, E_2 -景观环境影响值, E_3 -社会生态影响值, E_t -高速铁路沿线生态环境影响综合值。

根据上述计算结果,高速铁路对沿线的自然生态产生中等程度的影响,需要在建设和运营阶段采取工程措施,同时结合自然生态的自我恢复力,保持和维护自然生态的良好状态。同时,高速铁路对沿线的社会生态也将产生比较大的影响,在以人为本的前提下,妥善安置因为铁路建设而移民搬迁的群众,兼顾各方利益诉求,尽最大程度减少因高速铁路建设而产生的社会生态效应。相比之下,高速铁路对沿线的景观环境产生的影响相对较小,但也需注意沿线的景观破坏与

干扰。

4 结论

(1) 高速铁路对沿线生态环境造成的影响涉及不同层次和各个方面,采用定量计算与分析有助于减少生态影响分析的主观性,科学量化与分析高速铁路沿线生态环境的各种影响。本文系统、全面地分析高速铁路对沿线生态环境造成的不同层次影响,对不同的影响提出具体的计算方法与标准,可以适用于高速铁路沿线生态环境影响的分析研究,为高速铁路沿线的环境保护提供理论指导。

(2) 运用模糊层次分析方法,构建高速铁路沿线生态环境影响分析模型,科学合理分析由于高速铁路的建设和运营对沿线生态环境的影响,分析表明,高速铁路对沿线生态环境的影响主要是自然生态和社会生态方面的影响,而对环境景观的影响相对较小,在铁路的建设和运营阶段应重点加强对自然生态的保护。

(3) 高速铁路沿线生态环境影响涉及环境中的诸多要素,特别是在高速铁路运营阶段,由于高速铁路运营的长期性,其对生态环境的长期影响更加复杂,更加难以准确估量,需要在长期观测和分析的基础上,对生态环境的各种要素科学分析,运用不同的方法尽最大力量减少相关影响。

参考文献

- [1] 中国国家铁路局. 2016 年铁道统计公报[R]. 北京: 国家铁路局, 2017.
- [2] 周新军. 高速铁路助推中国低碳经济发展[J]. 铁道工程学报, 2010(11): 95-100.
- [3] 邵琳, 林柏梁. 基于模糊综合评价的沙漠铁路环境影响评价[J]. 铁道学报, 2009, 31(5): 84-89.
- [4] 周新军, 薛峰. 中国高速铁路建设的经济环境评价[J]. 天津商业大学学报, 2010, 30(4): 65-68.
- [5] 严冬松, 黄元亮. 基于 Matlab 的铁路环境噪声模糊评价[J]. 中国铁道科学, 2011, 32(3): 126-130.
- [6] 朱勇, 杨睿, 李德生等. 京沪高速铁路建设项目区域环境影响综合评价[J]. 铁道学报, 2015, 37(11): 117-120.
- [7] 马利衡. 沪宁城际高速铁路振动及其对周围环境影响研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [8] 李淑婷. 成都市大气环境污染时空特征分析及质量评价[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [9] 孙涛, 张妙仙, 李苗苗等. 基于对应分析法和综合污染指数法的水质评价[J]. 环境科学与技术, 2014, 37(4): 185-190.
- [10] 孙大新, 高亮. 高速铁路轮轨噪声及其控制措施[J]. 中国安全科学学报, 2005, 15(11): 87-90.
- [11] 何财松. 青藏铁路格拉段运营初期植被恢复效果评价研究[D]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2013.
- [12] 田静. 基于遥感实验下的植被覆盖率反演[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [13] 杨钦杰. 基于 GIS 的高速铁路沿线景观后评价研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [14] 张德. 高速铁路生态风险评价研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- [15] 高光耀, 傅伯杰, 吕一河等. 干旱半干旱区坡面覆被格局的水土流失效应研究进展[J]. 生态学报, 2013, 33(1): 12-20.
- [16] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报, 2007, 27(04): 1257-1264.
- [17] 吴丽娟, 周亮, 王新杰等. 北京城市绿地系统景观多样性分析[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(2): 88-93.
- [18] 彭建, 王仰麟, 张源等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 157-166.
- [19] 李洪旺. 基于 GIS 的高速铁路生态影响评价与生态恢复研究[D]. 长沙: 中南大学, 2009.
- [20] 魏婧. 公路工程项目环境影响评价指标体系与量化模型综合评价[D]. 济南: 山东大学, 2013.
- [21] 汪应洛. 系统工程(第四版)[M]. 西安: 机械工业出版社, 2011.

Calculation and Analysis of Ecological Environment Impacts along High-speed Railway

Liu Jiangwei

(China railway design corporation, Tianjin 300142, China)

Abstract: Construction and operation of high-speed railway have significant impacts on the ecological environment within certain range. It is difficult to quantify and analyze effects of different factors. This paper conducts analysis of high-speed railway's impacts on the ecological environment along the railway comprehensively and systematically. Factors of the ecological environmental impacts are divided into natural ecology, landscape environment, social ecology. Then it proposes specific measurement and calculation method of the secondary factors. Based on the ecological environmental impacts analysis system of high-speed railway, the fuzzy analytic hierarchy process model is built and specific effects of high-speed railway on ecological environment are analyzed. Analysis shows that the main influence of high-speed railway on the ecological environment are natural ecology and social ecological impacts. Consequently, it needs to focus on strengthening the protection of the natural ecological and handling the public interest demands properly during the construction and operation stages of high-speed railway.

Keywords: high-speed railway; ecological environment; fuzzy analysis