

基于BP的城市化与生态环境耦合 脆弱性与协调性动态模拟研究 ——以黑龙江省东部煤电化基地为例

陈晓红, 吴广斌, 万鲁河

(哈尔滨师范大学黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室/地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

摘要:将城市化与生态环境耦合脆弱的典型地区——黑龙江省东部煤电化基地作为研究区域,运用BP神经网络结合模糊综合评判法,利用2004~2010年指标数据,在对2010年城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性现状评价的基础上,预测了2013~2022年城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性,深入分析了城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性关系未来演变趋势。结果表明:鹤岗、双鸭山、鸡西具有较重脆弱度,并且有向中度脆弱度过渡的趋势;佳木斯以中度脆弱度为主,但是向较轻脆弱度发展比较缓慢;七台河、牡丹江则以较轻脆弱度为主,但七台河重度脆弱度和较重脆弱度所占比重也比较大,牡丹江脆弱度情况明显优于七台河。鹤岗、双鸭山、鸡西协调度等级为中度失调;佳木斯与七台河协调度等级为濒临失调;牡丹江的协调度等级为良好协调。而脆弱性与协调性关系比较中,七台河脆弱性趋小值与协调性发展值关系为同时退化发展,但趋势比较缓慢;牡丹江则基本保持现有状态;其它城市均为同时向良好等级发展的趋势,但发展的速率和波动略有不同。

关键词:BP神经网络;城市化与生态环境耦合;协调性;脆弱性;黑龙江东部煤电化基地

中图分类号:F253.9

文献标识码:A

文章编号:1000-0690(2014)11-1337-07

随着城市化的快速发展,生态环境问题日益突显,城市化与生态环境的协调发展成为人们研究的热点。城市化与生态环境的协调发展是通过城市化与生态环境的相互作用即耦合而形成的良性循环的态势。城市化与生态环境耦合具有典型的脆弱性特征,即城市化与生态环境相互作用过程中由于暴露于某种干扰或压力,可能经历某种危害而使得其结构和功能容易发生改变的性质。

目前,国内外关于城市化与生态环境耦合的研究主要集中在城市化与生态环境耦合关系的定量评价、发展机制、发展模式^[1-3],而从脆弱性视角研究两者的文献相当缺乏。城市化与生态环境耦合要实现高水平协调发展,势必要减少发展的脆弱性。脆弱性分析是人地耦合程度、机理与过程、区域可持续发展的重要研究范式^[4-7]。因此,在尊

重自然、顺应自然、保护自然的可持续发展的背景下,为提高城市化与生态环境耦合协调水平,评价与预测城市化与生态环境耦合的脆弱性、协调性以及分析脆弱性与协调性关系的未来变化趋势具有重要的理论意义与应用价值。

本文在对研究区域城市化与生态环境耦合现状进行脆弱性与协调性评价的基础上,运用BP神经网络对脆弱性与协调性分别进行了预测,同时本文也将脆弱性评价与协调性评价相结合,分析城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性的未来变化趋势,揭示出城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性关系的演变特征,为黑龙江省东部煤电化基地六城市的资源开发强度、城市化发展速度和资源环境支持能力制定科学计划和时间安排提供参考。

收稿日期:2013-05-20; **修订日期:**2013-09-28

基金项目:国家自然科学基金项目(41101548)、哈尔滨师范大学科技发展国家预研项目(11XYG-01)、哈尔滨师范大学人文社会科学优秀青年学者支持项目(SYQ2014-06)、黑龙江省高等学校科技创新团队建设计划项目(2010td10)资助。

作者简介:陈晓红(1978-),女,山东日照人,副教授,博士,在站博士后,主要从事区域经济与规划、区域协调发展研究。E-mail: chenxh440@163.com

1 研究区概况

黑龙江省东部煤电化基地包括牡丹江、佳木斯、鸡西、七台河、双鸭山、鹤岗6个城市(图1),城市化水平在35%~70%之间,而且是煤炭资源型城市的密集区,存在水资源开发利用已经超过50%,区域内三江平原湿地面积减少70%以上,经济结构单一,资源开采及其加工业占工业总产值的比重大多超过50%,城市贫困问题严重等脆弱性问题,因此,它不仅是城市化与生态环境耦合的典型地区,而且,其脆弱性特征十分明显。

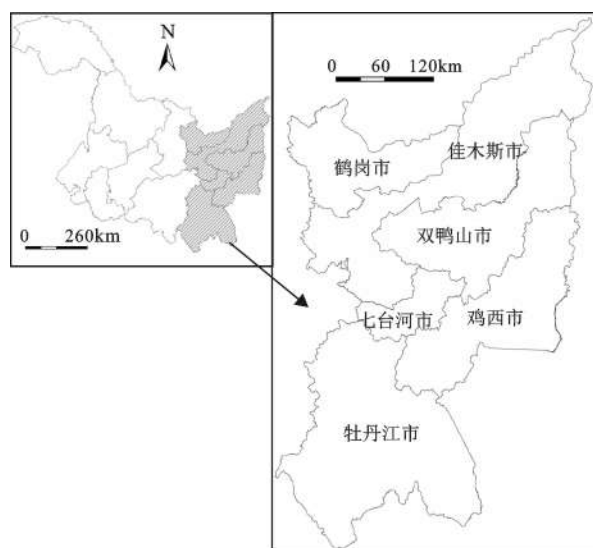


图1 黑龙江省东部煤电化基地地理位置

Fig.1 Location of the coal base in the eastern Heilongjiang Province

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文通过2005~2011年《中国城市统计年鉴》^[8]、牡丹江、佳木斯、鸡西、七台河、双鸭山、鹤岗国民经济和社会发展公报、环境状况公报等整理出进行脆弱性评价、协调性评价以及BP预测的基础数据。

2.2 评价指标的构建

城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性的评价指标体系遵循全面性、发展性、可操作性和侧重性等原则,从城市化子系统与生态环境子系统两大方面进行指标的初步选取,采用聚类分析的方法将初步选取的指标再次进行归类筛选,选择出

最能代表该子系统的指标并建立最终评价体系。

以经济城市化指标为例,初步选取了第二产业占GDP比重(x_1)、第三产业占GDP比重(x_2)、固定资产投资总额(x_3)、人均工业总产值(x_4)、地方财政一般预算内收入(x_5)、在岗职工平均工资(x_6)等6项指标,建立2010年各城市经济城市化指标系数相关矩阵(表1)。

表1 经济城市化指标相关系数矩阵

Table 1 Correlation matrix of economic urbanization indexes

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x_1	0.000	2.843	3.027	2.783	1.330	4.570
x_2	2.843	0.000	3.654	4.674	2.189	3.571
x_3	3.027	3.654	0.000	3.392	2.931	4.116
x_4	2.783	4.674	3.392	0.000	3.082	4.423
x_5	1.330	2.189	2.931	3.082	0.000	3.676
x_6	4.570	3.571	4.116	4.423	3.676	0.000

利用spss软件聚类分析可知,五次迭代内被归为一类的说明指标间相似度较高,从图中可以得出该组指标分为5类比较合适,并且第一类中 x_5 归并入 x_1 ,所以第一类中的代表指标为 x_1 ,从而得出该组内的分类情况,第一类为固定资产投资额和地方财政一般预算内收入,第二类为第三产业占GDP比重,第三类为人均地区生产总值,第四类为职工平均工资,第五类为第二产业占GDP比重。

同理可以得出其他类别中的分组情况。最后得出的评价指标体系(表2),包括城市化15个指标,生态环境16个指标,共计31个指标。

2.3 运用BP人工神经网络对未来年份数据的预测

城市化与生态环境耦合具有非线性特征,在考虑模型构建时,选择了BP网络模型^[9-14]。本文采用三层BP神经网络,首先将原始数据进行0~1连续量的处理,利用输入输出样本集对其进行训练,让网络对其隐层与节点进行学习和调整,以使网络实现给定的输入输出映射关系,最后输入数据进行预测。本文设计的BP神经网络结构是由31个输入,31个输出,1个隐层,隐层中有5个节点所构成。

2.4 建立脆弱性评价模型

为了消除不同指标间量纲的差异,首先对数据进行标准化处理,考虑到本文指标中存在负数指标,采用极差变换法标准化数据。在城市化与生态环境耦合脆弱性评价中,划分了5个等级:轻

表2 城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性的评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of vulnerability and coordination of coupling of urban and ecological environment		
项 目	一级指标	二级指标
城市化	经济城市化	第二产业占 GDP 比重(x_1)、第三产业占 GDP 比重(x_2)、固定资产投资总额(x_3)、人均工业总产值(x_4)、在岗职工平均工资(x_5)
	人口城市化	城镇登记失业人口(x_6)、第二产业就业人口比重(x_7)、第三产业就业人口比重(x_8)
	空间城市化	建成区面积(x_9)、人均城市铺装路面面积(x_{10})、人均居住面积(x_{11})、限额以上工业企业数量(x_{12})
	社会城市化	普通高等学校在校人数(x_{13})、每万人拥有公共汽车数量(x_{14})、煤气家庭用量(x_{15})
生态环境	大气环境	二氧化硫去除量(y_1)、工业烟尘去除量(y_2)、可吸入颗粒物年均值(y_3)、二氧化硫年均值(y_4)、二氧化氮年均值(y_5)
	水环境	工业废水排放量(y_6)、工业废水排放达标率(y_7)、生活污水处理率(y_8)
	固体废弃物	工业固体废物综合利用率(y_9)、生活垃圾无害化处理率(y_{10})
	噪声环境	区域噪声平均值(y_{11})和交通噪声平均值(y_{12})
	生态保护	城市环境设施投资额(y_{13})、人均绿地面积(y_{14})、人均耕地面积(y_{15})、污染源治理投资额(y_{16})

度脆弱、较轻脆弱、中度脆弱、较重脆弱和重度脆弱。本文采用综合指数法中的模糊综合评判法^[15-19]进行评价。数学模型如下:

$$v_i = \min(1, \sum_{j=1}^m w_j r_{ij}) \quad (1)$$

式中, v_i 表示第 i 个指标或系统的脆弱度。 m 是指标个数。 w_j 是第 j 个指标的权重, 用层次分析法求出。 r_{ij} 是第 i 个指标对第 j 种脆弱性标准的隶属度, 本文采用左半梯形函数分布形态曲线来确定, 其函数表达式为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_{ij} \leq a \\ 1, & x_{ij} \geq b \\ \frac{x_{ij}-a}{b-a} \text{ 或 } \frac{b-x_{ij}}{b-a}, & a < x_{ij} < b \end{cases} \quad (2)$$

式中, x_{ij} 为标准化后的指标数据; a 、 b 分别表示评判指标 x_{ij} 相邻两分级标准。

2.5 协调性评价模型的建立

协调性是反映系统之间协调发展水平的综合性指标。城市化与生态环境之间的协调关系就是要求两者评价指数越接近, 综合水平越高, 则系统越协调。用 $f(x)$ 和 $g(y)$ 分别表示城市化系统和生态环境系统的评价函数, 则协调性评价函数^[20]为:

$$c = \left\{ \frac{f(x) \cdot g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]^2} \right\}^2 \quad (3)$$

式中, $f(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i$; $g(y) = \sum_{j=1}^n b_j y_j$; a_i 与 b_j 分别表示 x_i 与 y_j 的权重; x_i 与 y_j 分别是城市化子系统和生态

环境子系统指标值。

城市化与生态环境的协调有可能是高水平的协调也有可能是低水平的协调, 还应体现系统的整体水平。本文采用协调发展度(D)来评价城市化与生态环境的协调状况, 协调度模型为:

$$D = \sqrt{CT} \quad (4)$$

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (5)$$

式中, D 为协调发展度; C 为协调度; T 为城市化与生态环境发展水平的综合评价指数; α 与 β 为待定权数, 城市化系统与生态环境系统同等重要, 因此取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

根据协调发展度的结果, 可将城市化与生态环境耦合协调性类型划分为 7 种(表 3)。

2.6 脆弱性与协调性关系预测分析

本文的脆弱性评价是将脆弱性分为 5 个等级, 由得出的各城市 5 种脆弱性的隶属度标准可以看出, 城市化与生态环境耦合的良性发展应处于中等脆弱度及以下的脆弱度等级, 所以本文将中等脆弱度、较轻脆弱度与轻度脆弱度 3 种良性发展的脆弱度等级隶属度指标预测值合并为一个脆弱度指标预测值, 计算出这 3 种脆弱性等级的总体隶属度, 称为脆弱度趋小值。脆弱度趋小值与协调性发展值结合来分析黑龙江省东部煤电化基地城市化与生态环境耦合良性发展的未来变化趋势。

3 结果与分析

3.1 系统脆弱度分析

通过模糊综合评判法得出了 2010 年黑龙江省东部煤电化基地城市化与生态环境耦合脆弱性评

表3 协调度等级分类

Table 3 Coordination degree grade classification

协调度 D	$0 < D < 0.4$	$0.4 \leq D < 0.5$	$0.5 \leq D < 0.6$	$0.6 \leq D < 0.7$	$0.7 \leq D < 0.8$	$0.8 \leq D < 0.9$	$0.9 \leq D < 1$
协调等级	完全失调	严重失调	中度失调	濒临失调	中度协调	良好协调	优质协调

价结果(表4)以及黑龙江省东部煤电化基地2010年城市化与生态环境耦合脆弱性隶属度示意图(图2)。

表4 2010年黑龙江省东部煤电化基地城市化与生态环境耦合脆弱性评价

Table 4 The vulnerability assessment of the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province in 2010

城 市	重度脆弱	较重脆弱	中度脆弱	较轻脆弱	轻度脆弱
鹤 岗	0.22	0.43	0.25	0.09	0.01
佳木斯	0.08	0.11	0.64	0.17	0.00
双鸭山	0.27	0.44	0.24	0.06	0.00
七台河	0.05	0.25	0.22	0.47	0.00
鸡 西	0.12	0.43	0.25	0.20	0.00
牡丹江	0.00	0.00	0.07	0.58	0.35

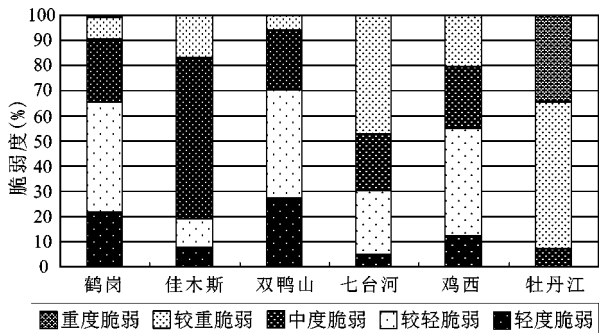


图2 黑龙江省东部煤电化基地2010年城市化与生态环境耦合脆弱性隶属度

Fig.2 The vulnerability membership of the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province in 2010

通过评价黑龙江省东部煤电化基地6个城市2010年的城市化与生态环境耦合脆弱性空间分异明显发现,牡丹江以轻度脆弱度为主,七台河以轻度和中度脆弱度为主,佳木斯以中度脆弱度为主,鹤岗、鸡西、双鸭山城市化与生态环境耦合的脆弱性较重。

3.2 系统协调性分析

将各指标的标准化值,代入公式(3)~(5)计算,得到城市化系统、生态环境系统的函数值,以及协调发展度评价价值(表5)。

表5 城市化、生态环境和协调性评价结果

Table 5 Urbanization, ecological environment and the coordinated development of the evaluation results

	鹤岗	佳木斯	双鸭山	七台河	鸡西	牡丹江
城市化系统	0.34	0.41	0.28	0.48	0.47	0.70
生态环境系统	0.37	0.52	0.34	0.53	0.33	0.81
协调性	0.60	0.67	0.55	0.71	0.61	0.87

依据协调等级划分标准,可以看出黑龙江东部煤电化基地6个城市协调度等级:双鸭山为中度失调,鹤岗、佳木斯、鸡西濒临失调,七台河为中度协调,牡丹江则为良好协调。处于濒临失调的3个城市情况也不尽相同,鹤岗城市化系统和生态环境系统的评价价值相差不大,但是佳木斯的城市化系统评价价值低于生态环境系统的评价价值,应注意城市化发展问题。而鸡西的生态环境系统评价价值低于城市化系统的评价价值,应注重环境保护的力度。其他3个城市中处于中度失调的佳木斯、处于中度协调的七台河和处于良好协调的牡丹江均是城市化系统评价价值低于生态环境系统评价价值,今后在协调发展的基础上应提高城市化水平,而双鸭山的协调度等级为6个城市中最低的,主要由于城市化系统评价价值较低,在保护城市生态环境的同时,要加快产业结构转型,提高城市化水平。

3.3 预测脆弱性与协调性结果分析

根据BP神经网络对2004~2010年的指标数据进行运算,预测2013~2022年黑龙江省东部煤电化基地城市指标值。运用模糊综合评判法进行脆弱性评价,得出2013~2022年黑龙江省东部煤电化基地城市化与生态环境耦合脆弱性评价结果(图3)。预测结果表明:鹤岗、双鸭山、鸡西3个城市均以较重脆弱度等级为主,并且有向中度脆弱度等级过渡的趋势;佳木斯则是以中度脆弱度等级为主,但向较轻脆弱度等级发展比较缓慢;七台河、牡丹江则以较轻脆弱度为主,但七台河重度脆弱度和较重脆弱度所占比重较大。

预测出的指标值标准化后代入公式(3)~(5)计算出城市化系统、生态环境系统的函数值,以及协调发展度评价价值(表6)。预测结果可以看出,鹤

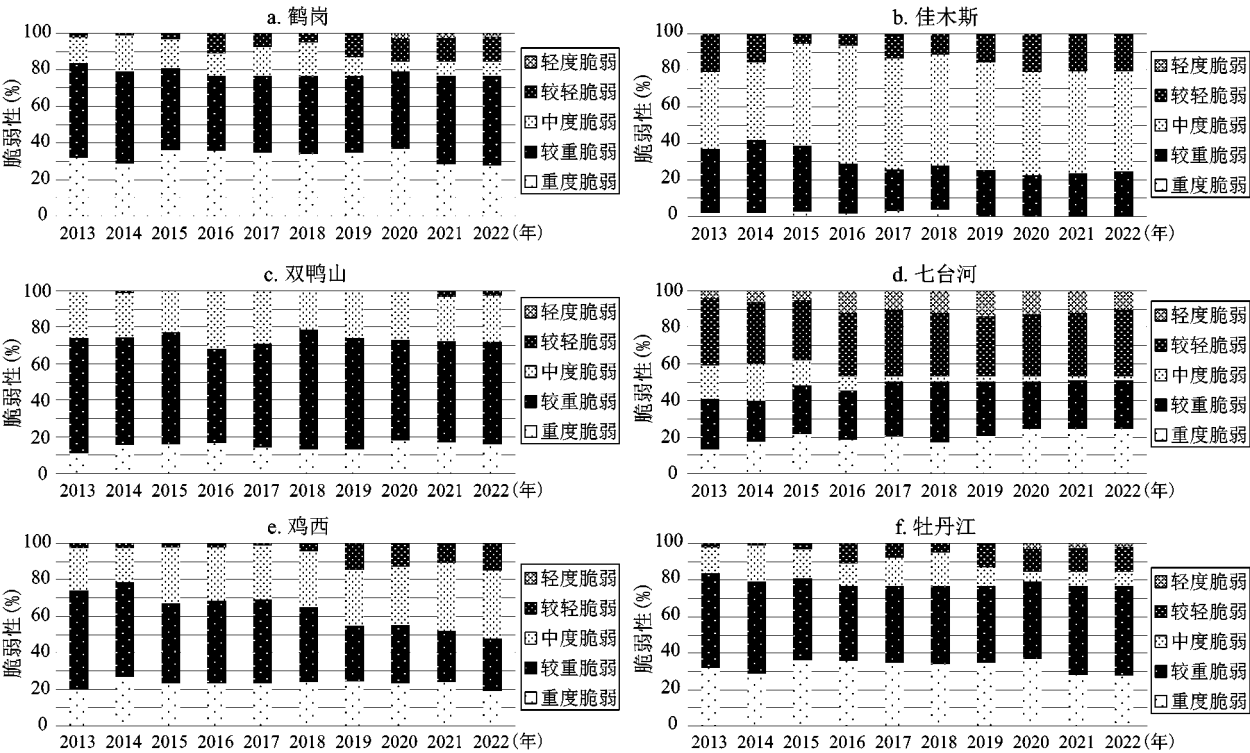


图3 2013~2022年黑龙江省东部煤电化基地六城市脆弱性隶属度预测结果

Fig.3 The predictions of the vulnerability in the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province from 2013 to 2022

表6 2013~2022年黑龙江省东部煤电化基地六市协调性预测评价结果

Table 6 The predictions of the coordination in the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province from 2013 to 2022

年份(年)	鹤岗	佳木斯	双鸭山	七台河	鸡西	牡丹江
2013	0.53	0.64	0.56	0.68	0.54	0.82
2014	0.54	0.64	0.57	0.68	0.54	0.82
2015	0.54	0.65	0.57	0.68	0.55	0.82
2016	0.54	0.65	0.57	0.67	0.55	0.81
2017	0.55	0.65	0.58	0.67	0.55	0.81
2018	0.55	0.66	0.58	0.66	0.56	0.81
2019	0.56	0.66	0.58	0.66	0.56	0.81
2020	0.56	0.66	0.58	0.66	0.57	0.81
2021	0.56	0.67	0.58	0.66	0.57	0.81
2022	0.56	0.67	0.58	0.66	0.57	0.81

岗、双鸭山、鸡西市协调度等级为中度失调,佳木斯与七台河协调度等级为濒临失调,牡丹江的协调度等级为良好协调。

3.4 预测脆弱性与协调性关系的变化趋势分析

结合脆弱度趋小值(中等脆弱性、较轻脆弱性和轻度脆弱性等级之和)与协调性发展值构建脆弱性与协调性时间变化趋势图(图4)可以看出,鹤岗、佳木斯、双鸭山和鸡西脆弱性与协调性均向好

的等级缓慢过渡,虽然鹤岗佳木斯双鸭山的脆弱性过渡趋势有些波动但总体上属于正向发展,鸡西正向发展的趋势则比较明显;七台河脆弱性趋小值与协调发展值关系却均在向反向发展,前景不容乐观,但较为缓慢;牡丹江脆弱性趋小值与协调发展值关系在增长到接近最优等级之后则基本属于持平状态,上升空间不大。

4 结论与讨论

- 1) 本文采用系统聚类分析方法,并根据聚类分析后得出的树状图确定分类个数,构建了黑龙江省东部煤电化基地城市化与生态环境耦合的脆弱性与协调性的评价指标体系,解决了指标在选取时的信息重叠和筛选后的指标存在片面性的问题。
- 2) 对黑龙江省东部煤电化基地城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性进行量化分析,选取了第二产业占GDP比重、人均地区生产总值、工业废水排放量、人均绿地面积等31个指作为BP神经网络模型的预测变量,对未来10 a脆弱性与协调性进行预测。BP神经网络模型预测脆弱性与协调性空间差异明显,6个城市脆弱性有缓慢下降的趋势,除七台河协调度等级评价价值有缓慢下降的趋

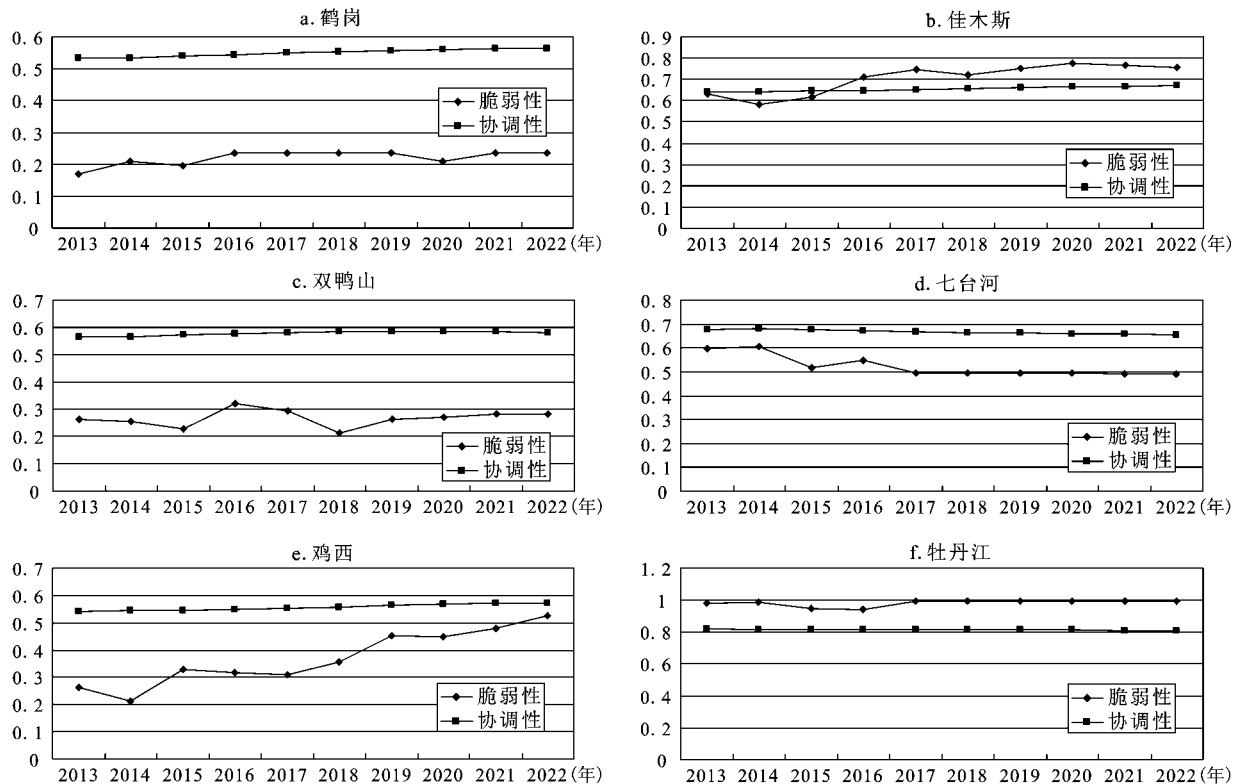


图4 2013~2022年黑龙江省东部煤电化基地六城市脆弱性与协调性关系预测结果

Fig.4 The predictions of the relationship between vulnerability and coordination in the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province from 2013 to 2022

势,其余5个城市的协调性均表现为缓慢上升状态。预测2013~2022年脆弱性与协调性变化趋势对比图中可以看出,鹤岗、佳木斯、双鸭山呈波动式的正向发展,鸡西呈明显的正向发展态势,牡丹江正向发展态势突出,脆弱性与协调性正向等级高,七台河呈反向发展态势,前景不容乐观,但较为缓慢。黑龙江省东部煤电化基地是目前和未来一段时间内人地关系高强度作用的典型地区之一,正处在一个十分关键的阶段,因此,预测与分析城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性不仅对东北老工业基地振兴过程中的城市化发展道路选择具有指导意义,对区域发展决策与规划具有实际应用价值,而且对于城市可持续发展是一项很好的实证研究。

3)城市化与生态环境耦合脆弱性与协调性的评价指标体系并不是唯一的,本文构建的指标体系是从城市化和生态环境两大子系统建立的,同样也可建立复合系统指标体系。本文在对城市化与生态环境耦合进行脆弱性和协调性分析时,只是将六座城市分别进行比较,没有考虑六城市之

间相互作用与相互影响的时空耦合性,并且预测数据也只是给出了未来10 a的预测,未来预测的研究空间还很大。

参考文献:

- [1] 刘耀彬,宋学锋.城市化与生态环境耦合模式及辨别[J].地理科学,2005,25(4):408~414.
- [2] 黄金川,方创琳.城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J].地理研究,2003,22(2):212~220.
- [3] 张理茜,蔡建明,王妍.城市化与生态环境响应研究综述[J].生态环境学报,2010,19(1):244~252.
- [4] 刘小茜,王仰麟,彭建.人地耦合系统脆弱性研究进展[J].地球科学进展,2010,24(8):917~927.
- [5] 蔡运龙.全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J].地理学报,1996,51(3):202~212.
- [6] 苏飞,张平宇,李鹤.中国煤矿城市经济系统脆弱性评价[J].地理研究,2008,27(4):43~48.
- [7] 陈萍,陈晓玲.全球环境变化下人——环境耦合系统的脆弱性研究综述[J].地理科学进展,2010,29(4):454~462.
- [8] 国家统计局城市社会经济调查司.中国城市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2005~2011.
- [9] 罗四维.人工神经网络建造[M].北京:中国铁道出版社,1998:89~112.

- [10] Rygel L, O'sullivan D, Yarnal B. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, **11**(3):741-764.
- [11] Luers A L, Lobell D B, Sklar L S, et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico[J]. *Global Environmental Change*, 2003, **13**(4): 255-267.
- [12] Young O R, Berkhout F, Gallopin G C, et al. The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research [J]. *Global Environmental Change*, 2006, **16**(3):304-316.
- [13] Gallopin G C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity [J]. *Global Environmental Change*, 2006, **16** (3):293-303.
- [14] 连 飞. 中国经济与生态环境协调发展预警协调研究——基于因子分析和BP神经网络模型[J]. *经济与管理*, 2008, **22**(12): 8~11.
- [15] 李 鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法[J]. *地理科学进展*, 2008, **27**(2):18~25.
- [16] 樊运晓, 高朋会, 王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型[J]. *灾害学*, 2003, **18**(3):20~23.
- [17] 黄 方, 刘湘南, 张养贞. GIS支持下的吉林省西部生态环境脆弱态势评价研究[J]. *地理科学*, 2003, **23**(1): 95~100.
- [18] 李 博, 佟连军, 韩增林. 东北地区煤炭城市脆弱性与可持续发展模式[J]. *地理研究*, 2010, **29**(2):361~372.
- [19] 万鲁河, 张 茜, 陈晓红. 哈大齐工业走廊经济与环境协调发展评价指标体系——基于脆弱性视角的研究[J]. *地理研究*, 2012, **31**(9):1673~1683.
- [20] 杨士弘. 广州城市环境与经济协调发展预测及调控研究[J]. *地理科学*, 1994, **14**(2):136~143.

Dynamic Simulation of Vulnerability and Coordination of the Coupling of Urban and Ecological Environment Based on BP: A Case of the Coal-electricity Base in the Eastern Heilongjiang Province

CHEN Xiao-hong, WU Guang-bin, WAN Lu-he

(Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Geographic Environment, College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025, China)

Abstract: The research area of this article is the coal-electricity base in eastern Heilongjiang Province, which is a typical coupling of urban and ecological environment. By the supporting of BP neural network and combining the method of fuzzy comprehensive evaluation, this article predicts the vulnerability and coordination of the coupling of urban and ecological environment from 2013 to 2022 in the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province. The results show that Hegang, Shuangyashan, Jixi are the heavier vulnerability districts; Jiamusi belongs to moderate vulnerability, but developing speed is more slowly; Qitaihe and Mudanjiang are mild vulnerability, but severe vulnerability and heavier proportion in Qitaihe is relatively large, and vulnerability in Mudanjiang is better than that in Qitaihe; Hegang, Shuangyashan and Jixi are moderate disorders districts, Jiamusi and Qitaihe are endangered disharmony, and coordination grade in Mudanjiang is good coordination. The results of the relationship between vulnerability and coordination show that Qitaihe is slowly decline; Mudanjiang is basically flat; the others are slowly rising. It indicated that the overall vulnerability and coordination of the coupling of urban and ecological environment in the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province are not optimistic and the reference of scientific significance could be provided to the eco-environmental protection and reasonable urbanization road by this research.

Key words: BP neural networks; the coupling of urban and ecological environment; coordination; vulnerability; the coal-electricity base in the eastern Heilongjiang Province