

基于 ARMA 模型的沈阳经济区经济 与环境协调发展研究

韩瑞玲¹, 佟连军², 朱绍华¹, 路 紫¹

(1. 河北师范大学旅游系, 河北 石家庄 050024; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130102)

摘要: 选择自回归移动平均模型(ARMA), 对沈阳经济区 2009~2015 年经济、环境指标进行了短期预测, 并选择耦合协调度模型模拟了该区经济与环境协调发展的耦合作用关系。预测结果表明, ARMA 模型预测误差相对较小, 预测效果良好。沈阳经济区经济类指标总体呈现不断增长的趋势; 各环境类指标, 原正向指标(指标越大越好)均有不同程度增长, 原负向指标(指标越小越好)则有不同程度的下降。但是沈阳经济区的经济与环境耦合度自 2010 年开始呈现下降趋势, 即仍然存在着经济发展与环境恶化之间的矛盾, 说明经济发展与环境保护之间的矛盾总是处于由缓和向尖锐的循环发展过程。

关键词: 经济与环境协调发展; ARMA 模型; 短期预测; 耦合协调模型; 沈阳经济区

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2014)01-0032-08

经济与环境协调发展的议题由来已久, 且日益受到重视。经济与环境相协调是可持续发展的核心^[1], 二者协调发展的内涵包括 3 个方面^[2]: 经济的发展应在资源环境承载力阈值之内; 在可持续发展基础上, 达到经济发展的最大化; 依靠经济发展, 提高环境承载力^[3]。

目前, 对于经济与环境协调发展的研究已比较成熟, 但是对于二者协调发展的预测类研究相对较少。环境问题是伴随经济发展而产生的, 对于二者发展的预测研究有利于科学制定环境决策和环境规划。已有的国外一些预测研究主要集中在能源^[4, 5]、经济^[6]、技术^[7]、大气环境^[8]等方面, 涉及经济与环境协调发展的预测研究较少。国内对于经济与环境协调发展的预测类研究, 一般有 2 种方法^[9]: ① 逻辑判断预测。主要包括调研判断预测、进度(趋势)判断预测、平衡判断预测和集合判断预测等方法。② 用数学方法和数学模型进行预测。如时间序列方法、投入产出法等, 常用的数学模型主要有系统动力学模型^[10, 11]、灰色预测模型^[12~14]、人工神经网络^[15]等。

经济与环境发展的时间序列关系影响因素较

多, 且因子间关系复杂, 属于非平稳时间序列, 采用以上方法对其进行预测一般难以达到较为理想的预测效果。而自回归移动平均模型(ARMA)模型在处理非平稳时间序列的短期预测方面比较有优势^[18]。因此, 本文选择 ARMA 模型对沈阳经济区的经济与环境协调发展进行短期预测, 并对预测结果采用耦合协调度模型进行耦合分析。

沈阳经济区于 2010 年 4 月被批准设立为综合配套改革试验区, 该区以沈阳为中心, 涵盖了沈阳、鞍山、抚顺、本溪、营口、阜新、辽阳、铁岭 8 个城市, 区域面积 $7.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 总人口 2 359 万, 城市化率达到 65%, 是全国城市化水平最高的地区之一^[3]。

1 研究方法与指标体系

1.1 ARMA 模型

自回归移动平均模型(Autoregressive Moving Average Models, ARMA), 简称 B-J 方法, 是一类常用的随机时间序列模型, 其基本原理是: 将时间序列视为随机过程, 用一个数学模型来描述或模拟; 一旦该模型确定, 就可用该序列的过去值和现值来预测未来值^[17]。

收稿日期: 2012-12-22; 修订日期: 2013-02-03

基金项目: 国家自然科学基金(41301122)、河北省教育厅自然科学研究项目(QN20131024)、河北省科技厅软科学项目(12457202D-54)资助。

作者简介: 韩瑞玲(1984-), 女, 河北文安人, 博士, 讲师, 主要从事区域规划与开发研究。E-mail: hrl309@163.com

ARMA(p, d, q)模型其实是经过 d 阶差分变换的 ARMA(p, q)模型,其包含了一个自回归过程 AR(p)和一个移动平均 MA(q),具体形式如下^[18]:

$$y_t = c + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \cdots + \varphi_p y_{t-p} + u_t + \theta_1 u_{t-1} + \theta_2 u_{t-2} + \cdots + \theta_q u_{t-q} \quad (1)$$

则称 y_t 是自回归移动平均序列,记为 ARMA(p, q),其中 $\varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_p$ 为自回归系数, $\theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_q$ 为移动平均系数,均是模型的待估参数。只有平稳的时间序列才能够直接建立 ARMA 模型,若是非平稳序列,则可以考虑对数据作逐步差分,进行预处理,以使序列满足平稳性的要求^[16]。假设原序列 y_t 非平稳,但经过 d 阶差分后平稳,则可称新序列 Z_t 为齐次序列,记为:

$$Z_t = \Delta^d y_t = (1 - B)^d y_t \quad (t > d) \quad (2)$$

平稳序列 Z_t 可以建立 ARMA(p, q)模型:

$$Z_t = c + \varphi_1 z_{t-1} + \varphi_2 z_{t-2} + \cdots + \varphi_p z_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

式中, p 为自回归模型的阶数, q 为移动平均阶数, ε_t 为一个白噪声序列。经过 d 阶差分后的 ARMA(p, d, q)为本文采用的模型。实际运用中,ARMA(p, d, q)模型建模的基本步骤为 5 步:序列平稳性检验,模型识别,模型参数估计和模型检验^[17],利用所建立的合适模型进行实际预测。

ARMA 模型的定阶主要是为了在不同的模型之间择优,其应综合考虑模型的准确性和简洁性,并对模型的优劣给予客观评价,评价原则为 AIC 与 SC 准则最小。

1.2 耦合协调度模型

耦合指两个或两个以上的体系或运动形式之间通过各种相互作用而彼此影响的现象,其反映各子系统之间协调发展的交集^[19]。按照耦合定义,设正数 $x_1, x_2, \cdots, x_m$ 为经济系统的 m 个指标;设正数 $y_1, y_2, \cdots, y_n$ 为环境系统的 n 个指标,则分别称函数 $F(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i'$ 、 $F(y) = \sum_{j=1}^n b_j y_j'$ 为综合经济效益评价函数和综合环境效益评价函数。式中, a_i, b_j 为各个指标的待权重数,本文采用熵权法^[20]计算而得。为进一步评判经济增长、环境交互耦合的程度,引入耦合协调度模型^[21]:

$$T = gF(x) + hF(y) \quad (4)$$

$$C = \left\{ \frac{F(x)F(y)}{[F(x) + F(y)]^2} \right\}^k \quad (5)$$

$$D(x, y) = \sqrt{C \times T} \quad (6)$$

式中, T 为经济发展与环境演化的综合发展指数,其反映二者的综合水平,由于经济系统与环境系统同等重要,本文取 $g=h=0.5$; C 为经济系统与环境系统的协调指数; k 为协调系数,本文取 $k=2$ ^[21]; $D(x, y)$ 为耦合协调度。当 $0 < D \leq 0.3$,为低度耦合协调;当 $0.3 < D \leq 0.5$ 时,为中度耦合协调;当 $0.5 < D \leq 0.8$ 时,为高度耦合协调;当 $0.8 < D \leq 1$ 时,为极度耦合协调^[9]。

1.3 指标体系

本文对沈阳经济区 2009 年后的经济系统与环境系统协调发展状况做以预测。在构建指标体系时,文章多选用描述状态变量指标来表现各子系统的基本情况,以符合预测与模拟需要(表 1)。

研究数据来源于中国城市统计年鉴(1991~2010)^[22]、辽宁统计年鉴(1991~2010)^[23]、辽宁省环境保护志^[24],等。

2 结果分析

本文以 Eviews6.0 软件作为实现工具。以 X_t 指标为例,对 X_t 指标人均 GDP 指标进行 ARMA 模型分析,序列命名为 X_t 。首先绘制指标的自相关与偏相关图(图 1),可从中确定该序列的自相关系数呈平滑指数衰减,偏相关图有正峰值然后截尾,序列非平稳。可得序列自相关检验存在趋势性,因此对序列进行差分。

在 Eviews6.0 主命令窗口输入方程: series ilX₁=log(X₁)-log[X₁(-1)],对 X_t 进行自然取对数差分分析,新序列命名为 ilX₁,其序列的自相关与偏相关图如图 2 所示。但从图 2 中很难看出一阶差分后的序列是否平稳,且由于对序列进行了差分消除了其趋势,故采用不包含趋势项的模型对序列进行 ADF 单位根检验,检验结果为 0.046,通过 0.05 检验,可见序列平稳。

2.1 模型识别

ARMA 模型的识别与定阶可通过样本的自相关与偏自相关函数的观察获得,如 AR(p)模型自相关函数拖尾,偏自相关函数 p 步截尾;MA(q)模型自相关函数 q 步截尾,偏自相关函数拖尾;而 AR-MA 模型的自相关函数与偏自相关函数都具有拖尾性。序列的 AC 与 PAC 见图 1。由图 1b 可见,当 ilX₁自相关系数在滞后阶数为 1 时显著不为 0,在滞后阶数大于 1 时基本都处于置信带内,所以可取 $q=$

表1 经济系统与环境系统评价指标体系

Table 1 Assessment indexes system of economic and environmental system

经济系统指标		环境系统指标	
人均GDP(元)	X_1	森林覆盖率(%)	Y_1
人均财政收入(元)	X_2	城市人均绿化覆盖面积(m ²)	Y_2
人均固定资产投资(元)	X_3	建成区绿化覆盖率(%)	Y_3
人均社会消费品零售额(元)	X_4	人均造林面积(hm ²)	Y_4
人均进出口额(美元)	X_5	人均水资源量(m ³)	Y_5
人均实际利用外资额(美元)	X_6	单位GDP建筑垃圾排放量(t)	Y_6
城市居民人均可支配收入(元)	X_7	人均医疗垃圾排放量(t)	Y_7
农村居民人均纯收入(元)	X_8	人均生活垃圾清运量(t)	Y_8
GDP增长率(%)	X_9	单位GDP废水排放量(t)	Y_9
财政收入增长率(%)	X_{10}	单位GDP废气排放量(t)	Y_{10}
固定资产投资增长率(%)	X_{11}	单位GDP SO ₂ 排放量(t)	Y_{11}
社会消费品零售总额增长率(%)	X_{12}	单位GDP固体废弃物产生量(t)	Y_{12}
对外出口增长率(%)	X_{13}	单位耕地化肥施用量(t·hm ⁻²)	Y_{13}
城市居民可支配收入增长率(%)	X_{14}	工业废水排放达标率(%)	Y_{14}
农村居民纯收入增长率(%)	X_{15}	工业 SO ₂ 去除率(%)	Y_{15}
流动资产周转次数(次)	X_{16}	固体废弃物综合利用率(%)	Y_{16}
城市化率(%)	X_{17}	建设项目“三同时”执行合格率(%)	Y_{17}
第三产业比重(%)	X_{18}	三废综合利用产值占GDP比重(%)	Y_{18}
规模以上企业增加值占增加值比重(%)	X_{19}	污染治理项目投资占GDP比重(%)	Y_{19}
就业结构优化度*	X_{20}	人均公共绿地面积(m ² ·人)	Y_{20}
城市居民家庭恩格尔系数	X_{21}	医疗垃圾排放量(万t)	Y_{21}
农村居民家庭恩格尔系数	X_{22}	工业废水排放量(万t)	Y_{22}
单位耕地面积产值(元·hm ⁻²)	X_{23}	废水排放达标量(万t)	Y_{23}
人口(万人)	X_{24}	工业 SO ₂ 产量(t)	Y_{24}
人口增长(万人)	X_{25}	工业固体废弃物产生量(万t)	Y_{25}
GDP(万元)	X_{26}	人均水资源拥有量(m ³)	Y_{26}
进出口总额(万美元)	X_{27}	全年供水总量(万 m ³)	Y_{27}
实际利用外资总额(万美元)	X_{28}	全年用电量(万 kWh)	Y_{28}
第一产业劳动力比重(%)	X_{29}	工业用电量(万 kWh)	Y_{29}
第二产业劳动力比重(%)	X_{30}	床位数(张)	Y_{30}
第三产业劳动力比重(%)	X_{31}	城市煤气总量(亿 m ³)	Y_{31}

注：就业结构优化度指第二、第三产业就业人员占全部就业人员的比重。

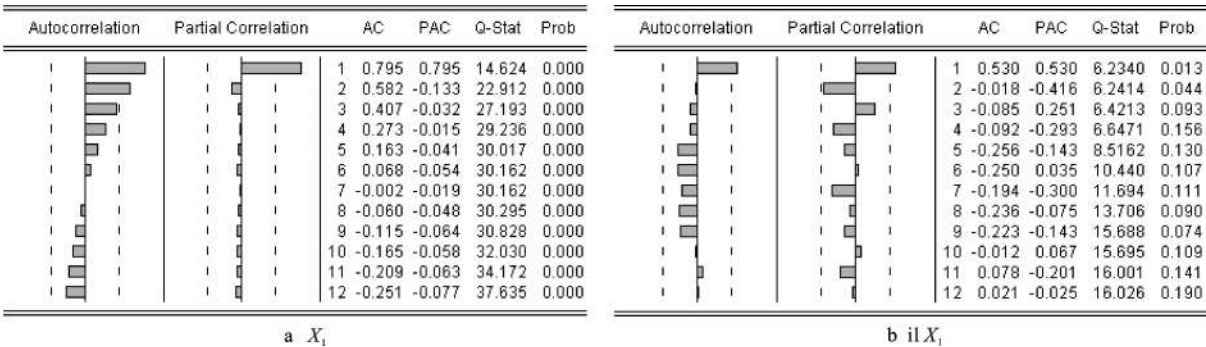


图1 序列 X_1 和 iX_1 的自相关图与偏相关

Fig. 1 Autocorrelogram of sequence X_1 and iX_1 and partial correlation diagram

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.804032	0.153612	5.234170	0.0001
MA(1)	0.712631	0.204477	3.485132	0.0031
R-squared	0.365919	Mean dependent var	0.147618	
Adjusted R-squared	0.326289	S.D. dependent var	0.076893	
S.E. of regression	0.063113	Akaike info criterion	-2.583325	
Sum squared resid	0.063733	Schwarz criterion	-2.484395	
Log likelihood	25.24993	Hannan-Quinn criter.	-2.569684	
Durbin-Watson stat	1.833206			
Inverted AR Roots	.80			
Inverted MA Roots	-.71			

a ARMA (1, 1)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.953678	0.027645	34.49771	0.0000
MA(1)	-0.174252	0.178784	-0.974649	0.3452
MA(2)	-0.820987	0.170428	-4.817195	0.0002
R-squared	0.553190	Mean dependent var	0.147618	
Adjusted R-squared	0.493615	S.D. dependent var	0.076893	
S.E. of regression	0.054717	Akaike info criterion	-2.822257	
Sum squared resid	0.044910	Schwarz criterion	-2.673862	
Log likelihood	28.40031	Hannan-Quinn criter.	-2.801795	
Durbin-Watson stat	1.382858			
Inverted AR Roots	.95			
Inverted MA Roots	1.00	-.82		

b ARMA (2, 2)

图2 建模结果

Fig. 2 ARMA (1,1) and ARMA (2,2) modeling results

1. 偏自相关系数在滞后阶数等于1时显著不为零,在滞后阶数为2时似乎与0也有较大差异,在 $k=2$ 后很快趋于0即2阶截尾,故可考虑 $p=1$ 或 $p=2$,即可以考虑ARMA(1,1),ARMA(2,1)模型。接着,对原序列做描述统计分析,证明序列均值趋近于0,不必对序列进行变换。

2.2 ARMA模型参数估计

经过模型识别所确定的阶数,可以初步建立ARMA(1,2),ARMA(2,2)模型,通过命令方式实现,在主窗口输入ls ilX₁ ar(1) ma(1),得到图2。在主窗口输入ls ilX₁ ar(1) ma(1) ma(2),模型估计结果和相关诊断统计量见图3,最终得到如下ARMA(1,2)模型。进一步检验,ARMA(1,2)模型的DW统计量在1.38附近,说明残差一阶自相关不存在。利用复数知识可知后多项式 $f(X^{-1})=0$ 的根都在单位圆内,该模型存在合理。

2.3 模型检验

在参数估计之后,需根据残差序列的白噪声检验原理对模型进行检验。对残差resid进行纯随机性检验,由相关图分析可看出残差为白噪声(图3),显示拟合模型有效。

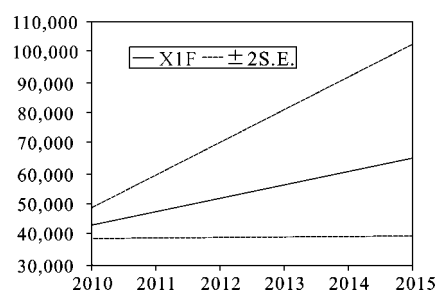
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.268	0.268	1.5236	0.217
		2	0.146	0.080	2.0051	0.367
		3	-0.032	-0.098	2.0304	0.566
		4	0.057	0.083	2.1135	0.715
		5	-0.260	-0.305	3.9792	0.552
		6	-0.220	-0.113	5.4249	0.491
		7	-0.225	-0.083	7.0816	0.420
		8	-0.183	-0.149	8.2891	0.406
		9	-0.361	-0.290	13.496	0.141
		10	-0.017	0.115	13.508	0.197
		11	-0.027	-0.105	13.547	0.259
		12	-0.049	-0.221	13.692	0.321

图3 ARMA(1,2)模型残差相关图

Fig. 3 ARMA (1,2) model residuals result

2.4 模型预测

预测未来6期的人均GDP值,首先需要扩展样本期,在命令栏输入expand 1990 2015,则样本序列长度就变成1990~2015年区间。在方程估计窗口点击Forecast,选择动态预测方法(Dynamic forecast),根据所选择的一定的估计区间,进行多步向前预测。预测值存放在X₁F序列中,此时可观察原序列X₁和X₁F之间的动态关系。经过向前2步预测,X₁的未来6期预测值分别为43 372.12、47 381.78、51 550.55、55 867.45、60 320.72与64 898.00(图4)。

图4 X₁序列(人均GDP)动态预测Fig. 4 Dynamic forecast on X₁ sequence (per capita GDP)

此后,按照该方法,对余下的各经济类指标进行预测(表2)。经济类指标数据总体呈现不断增长的趋势,有些指标如就业结构优化度、单位耕地面积产值等指标虽有所下降,但下降幅度甚微。人均进出口额、进出口总额、财政收入增长率、农村居民恩格尔系数、第二产业劳动力比重5个指标呈现明显下降趋势,这些指标下降的原因主要是受到前期预测基数的下降趋势影响。

用同样方法,对各环境类指标进行预测,结果见表3。预测结果良好,原正向指标(指标越大越好)均有不同程度增长;原负向指标(指标越小越

表2 各经济指标的定阶与预测值

Table 2 Order determination and predictive value of each economic indicators

	p	q	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
iX_1	1	2	43 372.12	47 381.78	51 550.55	55 867.45	60 320.72	64 898.00
iX_2	3	2	3 866.98	4 697.75	5 714.47	6 969.41	8 352.02	1 0025.43
iX_3	2	3	37 415.58	45 150.07	52 377.99	58 282.18	62 810.02	66 161.78
iX_4	1	1	15 614.08	16 303.77	16 722.69	16 973.57	17 122.57	17 210.64
iX_5	3	2	542.47	488.78	541.91	542.47	527.94	530.91
iX_6	2	2	379.05	392.88	406.45	413.97	419.58	423.07
iX_7	1	1	95 720.47	103 143.50	110 389.63	117 417.41	124 193.39	130 691.70
iX_8	1	1	39 312.84	43 050.90	47 099.88	51 481.51	56 218.72	61 335.65
iX_9	2	2	13.35	11.90	10.01	9.53	9.99	10.47
iX_{10}	3	3	20.73	9.01	3.12	4.97	2.27	2.50
iX_{11}	1	1	29.10	27.67	28.90	28.20	28.73	28.40
iX_{12}	1	1	17.40	17.68	17.58	17.61	17.60	17.61
iX_{13}	2	3	13.72	29.94	3.91	-1.52	-1.04	-0.27
iX_{14}	2	1	9.80	10.31	10.32	10.27	10.27	10.27
iX_{15}	1	1	11.35	10.66	10.01	9.40	8.83	8.29
iX_{16}	2	3	2.82	2.93	3.00	3.06	3.11	3.16
iX_{17}	1	1	53.58	53.57	53.58	53.57	53.58	53.57
iX_{18}	2	2	41.00	40.84	40.58	40.63	40.73	40.72
iX_{19}	3	3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
iX_{20}	1	1	70.08	69.96	69.84	69.71	69.59	69.47
iX_{21}	3	4	37.63	39.15	39.69	39.39	39.37	39.45
iX_{22}	1	1	36.41	35.44	34.49	33.57	32.66	31.79
iX_{23}	1	2	20 641.56	20 251.48	19 970.93	19 768.27	19 621.38	19 514.68
iX_{24}	1	1	2 361.55	2 359.97	2 358.70	2 357.67	2 356.83	2 356.16
iX_{25}	0	0	3.77	3.21	3.00	2.62	2.40	2.12
iX_{26}	2	1	10 423.38	10 999.31	11 451.48	11 804.54	12 078.96	12 291.47
iX_{27}	1	2	1 367 352.91	1 159 154.11	912 547.25	645 384.32	390 814.62	189 019.18
iX_{28}	2	2	908 728.95	957 035.54	1 000 696.39	1 029 199.47	1 050 471.82	1 065 156.12
iX_{29}	1	1	30.54	30.78	31.01	31.25	31.49	31.73
iX_{30}	1	1	27.98	27.40	26.85	26.33	25.84	25.38
iX_{31}	1	1	42.73	42.93	43.10	43.25	43.39	43.50

好)则有不同程度的下降。但是一些负向指标,如全年用电量、工业用电量2个指标,则呈现下降趋势,说明随着经济发展,对于能源的要求仍旧呈现加速增长的趋势。另外,由于预测时间年限较短,很多指标的预测值变化不大。

3 耦合结果分析

选用耦合协调度模型,将以上ARMA模型的预测结果代入模型,得出结果(图5)。可见,以1990~2009年数据为基数进行的预测显示,2010~2015年沈阳经济区的经济与环境发展的耦合度在

0.70~0.80之间,属于高度耦合协调。但从2010年开始,沈阳经济区的经济与环境耦合度呈现下降趋势,即仍然存在着经济发展与环境恶化之间的矛盾。沈阳经济区是东北老工业基地的核心区和典型代表,是全国建立最早、规模最大、门类齐全、配套完整的重要装备制造业和原材料工业基地。在其重工业占主体的工业结构中,环境污染欠账多,治理难度较大。所以在经历了2008年经济危机后,沈阳经济区经济发展逐步恢复,区域的环境压力也会相应增加。区域经济发展与环境保护之间的关系未发展到相互促进阶段时,二者矛盾总

表3 各环境指标的定阶与预测值

Table 3 Order determination and predictive value of each environment indicators

	<i>p</i>	<i>q</i>	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
ilY ₁	2	1	32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	32.97
ilY ₂	2	2	21.59	21.12	21.28	21.28	21.26	21.27
ilY ₃	2	3	39.49	39.77	38.89	38.59	38.29	38.11
ilY ₄	2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ilY ₅	2	2	86.85	82.67	83.72	84.05	83.55	83.81
ilY ₆	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ilY ₇	1	2	3.12	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13
ilY ₈	2	3	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
ilY ₉	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ilY ₁₀	1	2	2.81	2.07	2.38	2.23	2.30	2.27
ilY ₁₁	0	0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ilY ₁₂	3	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ilY ₁₃	2	2	0.89	0.88	0.91	0.92	0.90	0.88
ilY ₁₄	1	1	86.09	86.01	85.98	85.96	85.96	85.96
ilY ₁₅	2	2	36.43	41.81	50.24	33.90	49.29	42.75
ilY ₁₆	2	2	46.01	46.00	45.78	45.89	45.81	45.87
ilY ₁₇	2	2	99.92	100.00	99.97	99.98	99.98	99.98
ilY ₁₈	2	2	0.28	0.31	0.30	0.31	0.31	0.31
ilY ₁₉	1	1	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
ilY ₂₀	2	2	75.54	74.31	74.61	74.90	74.82	74.75
ilY ₂₁	2	2	7.68	7.51	7.57	7.55	7.56	7.56
ilY ₂₂	1	1	19 708.16	18 739.1	17 826.42	16 966.44	16 155.72	15 391.06
ilY ₂₃	1	1	24 635.20	23 423.87	22 283.03	21 208.05	20 194.64	19 238.81
ilY ₂₄	2	2	53.60	57.14	59.96	59.81	58.88	58.60
ilY ₂₅	1	1	14 185.21	14 289.25	14 260.62	14 268.47	14 266.32	14 266.91
ilY ₂₆	2	1	83.92	77.41	81.04	79.99	79.49	80.48
ilY ₂₇	2	1	199331.31	182434.53	192310.39	189096.16	188011.58	190652.25
ilY ₂₈	1	1	10024511.29	10610871.27	11201832.72	11795894.24	12391602.22	12987559.26
ilY ₂₉	2	2	8004233.95	8774153.87	9592514.87	10567748.98	11652026.14	12921173.00
ilY ₃₀	2	2	103091.60	100853.19	101685.88	101476.80	101503.20	101509.54
ilY ₃₁	4	4	61 198.75	63 474.96	61 453.76	61 287.93	61 224.29	61 712.76

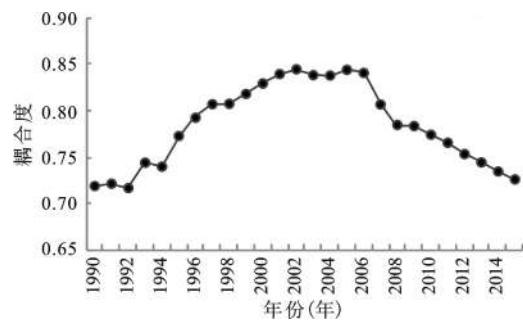


图5 沈阳经济区经济与环境耦合度分析

Fig. 5 Coupling analysis of economic and ecological system of Shenyang Economic Zone

是处于由缓和向尖锐的循环发展过程,当经济发展速度过快,必然会对环境造成一定压力,此时环境恶化造成的影响势必引起人们的重视,而对于环境污染的整治力度加大又会缓和与经济环境的矛盾。二者持续发展,直到经济与环境达到互相协调的状态。

4 结论与讨论

1) 本文选择 ARMA 模型对沈阳经济区的经济与环境协调发展进行短期预测。结果表明,2010~2015 年,沈阳经济区经济类指标总体呈现不

断增长趋势;各环境类指标,原正向指标(指标越大越好)均有不同程度增长;原负向指标(指标越小越好)则有不同程度的下降。

2) 预测结果的耦合分析显示,沈阳经济区的经济与环境耦合度从2010年开始呈现下降趋势,主要是因为经济复苏增加了环境压力。经济发展与环境保护之间的矛盾总是处于由缓和向尖锐的循环发展过程,但二者的持续发展,会促进经济与环境达到互相协调的状态。

3) 经济发展水平和环境建设水平的走势直接影响了二者耦合协调发展的程度。因此,沈阳经济区未来发展应继续重视在经济发展的同时保护环境。经济方面,主要是更新沈阳经济区的产业结构,优化就业结构,降低资源消耗及提高经济效益,积极发挥产业关联效应,在冶金、石油化工、煤炭、电力行业构建循环经济发展产业链条,形成规模效应,促进经济转型;环境方面,主要是因地制宜的提高资源利用率,发挥循环经济试点及生态建设示范区的带动作用,继续实施清洁生产,加强环境治理,发展环保产业,加强环境宣传教育与治理。

4) ARMA 预测模型对时间序列的短期预测效果良好,预测精确度高。但其预测结果较大程度依赖于预测基数,存在一定局限性。因此,根据时间序列的属性特征,对于经济与环境的协调发展进行综合分析预测是未来研究重点。

参考文献:

- [1] 吴玉鸣,张 燕.中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J].资源科学, 2008,30(1):25~30.
- [2] 李胜芬,刘 斐.资源环境与社会经济协调发展探析[J].地域研究与开发,2002,21(3):78~80.
- [3] 韩瑞玲,佟连军,佟伟铭,等.沈阳经济区经济与环境系统动态耦合协调演化[J].应用生态学报,2011,22(10):2673~2680.
- [4] Sanders D R, M R Manfredo, K Boris. Accuracy and efficiency in the U.S. Department of Energy's short-term supply forecasts [J]. Energy Economics, 2008, 30: 1192-1207.
- [5] Ullash K R, Alfred V, Anoop S, et al. Energy and emissions forecast of China over a long-time horizon[J]. Energy, 2011, 36(1): 1-11.
- [6] Basu S, S Markov. Loss function assumptions in rational expectations tests on financial analysts' earnings casts[J]. Journal of Accounting and Economics, 2004, 38: 171-203.
- [7] Lorde T, K Waithe, B Francis. The importance of electrical energy for economic growth in Barbados[J]. Energy Economics, 2010, 32(6): 1411-1420.
- [8] Kumar U, K De Ridder. GARCH modelling in association with FFT-ARIMA to forecast ozone episodes[J]. Atmospheric Environment, 2010, 44(34): 4252-4265.
- [9] 徐庆华. 环境预测和环境预测方法(一)[J]. 环境管理, 1985, (1): 28~29.
- [10] 蔡 林, 高速进. 环境与经济综合核算的系统动力学模型[J]. 环境工程学报, 2009, 3(5): 941~946.
- [11] 李同升, 徐冬平. 基于SD模型下的流域水资源-社会经济系统时空协同分析——以渭河流域关中段为例[J]. 地理科学, 2006, 26(5): 551~556.
- [12] 张晓东, 朱德海. 中国区域经济与环境协调度预测分析[J]. 资源科学, 2003, 25(2): 1~6.
- [13] 高志刚, 沈 君, 郭建斌. 新疆经济与环境协调发展[J]. 干旱区研究, 2007, 24(6): 880~885.
- [14] Qiang L, R Zhiyuan. Energy production and consumption prediction and their response to environment based on coupling model in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2012, 22(1): 93-109.
- [15] 李湘梅, 周敬宣. 基于BP神经网络的城市总生态足迹预测研究[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(8): 68~70.
- [16] 樊欢欢, 张凌云. Eviews 统计分析与应用 2009[M]. 北京: 机械工业出版社.
- [17] 张 勃, 刘秀丽. 基于ARIMA模型的生态足迹动态模拟和预测[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 6251~6260.
- [18] 张 峰, 刘 伟. 北京市能源消费预测与政策建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 99~102.
- [19] 方创琳, 杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 1~8.
- [20] 李名升, 佟连军, 李 治, 等. 基于基尼系数的经济——环境协调发展及其机制[J]. 人文地理, 2009, 24(6): 73~78.
- [21] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171~177.
- [22] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴(1991~2010)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1993~2011.
- [23] 辽宁省统计局. 辽宁统计年鉴(1991~2010)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1992~2011.
- [24] 辽宁省环境保护厅. 辽宁省环境保护志[M]. 沈阳: 万卷出版公司, 2005.

The Coordinated Development of Economy and Environment Based on ARMA Model in Shenyang Economic Zone

HAN Rui-ling¹, TONG Lian-jun², ZHU Shao-hua¹, LU Zi¹

(1. *Tourism College of Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei 050024, China*; 2. *Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130102, China*)

Abstract: The short-term forecasts on economic and environmental indicators of Shenyang Economic Zone in 2009-2015 were made by choosing ARMA model. Then, the coupling relationship between economy and environment was simulated using coupling coordinate model. The ARMA model is one of the most popular time series models currently and requires a large sum of data with a minimum of 50 samples. In accordance with the principles and modeling steps of time series analysis, this article compared the pros and cons among models by model order determination, established the optimal ARMA forecasting model of economic development and environmental transformation respectively. It was found that, the predicted error of ARMA model was smaller and the effect was better. The economic indicators of the study area kept growing. The environmental indicators also gave a good trend with the positive indicators growing and the negative ones decreasing in various degrees. However, the coupling degree between economy and environment represented a declining tendency from 2010 which was mainly owing to the intensified environmental pressure from fast economic growth. The result told that there was still contradiction between economic development and environmental degradation and the contradiction kept circulating from ease to sharp and backward constantly. This research provided practical value for the management and adjustment of the contradiction between economy and environment in Shenyang Economic Zone. The coordinated development degree was directly affected by the scale of economic development and level of environmental construction. Thus, in order to improve the sustainability of economic development in Shenyang Economic Zone in the future, the environmental construction was as crucial as economic development. More projects from economic perspective should be taken as the adjustment of economic structure, reduction of energy consumption and increase of economic revenue. A series of positive measures should also be taken for the improvement of environment, such as improving resources utilization rate, strengthening cleaner production and promoting environment-friendly industry.

Key words: coordinated development of economy and environment; ARMA model; short-term forecast; coupling coordinate model; Shenyang Economic Zone