

基于主成分分析的安徽省城市层级划分研究

於冉^{1,2}, 黄天齐¹, 於忠祥^{1,2*}

(1. 安徽农业大学经济管理学院, 合肥 230036; 2. 安徽农业大学国土资源研究所, 合肥 230036)

摘要: 构建合理的城镇体系对于区域发展具有重要的作用, 而科学划分系统内部的城镇层级是城镇体系规划与研究的基础性工作。在分析安徽省城市现状的基础上, 首先从 8 个方面选择 26 项指标, 建立科学的评价指标体系, 然后利用主成分分析计算安徽省 16 个地级市的城市发展综合得分, 最后根据综合得分进行聚类分析。根据分析结果, 将合肥、芜湖、马鞍山、蚌埠和铜陵划分为实力型城市; 安庆、滁州、淮南、黄山、淮北及阜阳划分为中等型城市; 宿州、六安、池州、亳州和宣城划分为潜力型城市。

关键词: 城市层级; 主成分分析; 聚类分析; 安徽省

中图分类号: F291

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)04-0670-06

Study on urban hierarchy of Anhui Province based on principal component analysis

YU Ran^{1,2}, HUANG Tianqi¹, YU Zhongxiang^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Institute of Land and Resources, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: Building a reasonable urban system plays an important role in regional development, and scientific division of urban hierarchy is the basic work of urban system planning and research. On the basis of analyzing the current situation of cities of Anhui Province, we established a scientific evaluation index system from eight aspects including 26 indicators, and then the principal component analysis was used to calculate urban development points of the 16 cities in Anhui Province. Finally, combing with the cluster analysis method, we divided these cities into three levels. The result showed that, Hefei, Wuhu, Ma'anshan, Bengbu and Tongling are divided into dynamic cities; Anqing, Chuzhou, Cuainan, Huangshan, Huaibei and Fuyang are classified as medium-sized cities; Suzhou, Lu'an, Chizhou, Bozhou and Xuancheng are potential cities.

Key words: urban hierarchy; principal component analysis; cluster analysis; Anhui Province

城镇体系又称城市体系或城市系统, 是指在一个国家、省或者相对完整的区域内, 以中心城市为核心, 由不同等级规模、不同职能分工、紧密联系、相互依存的各个城镇组成的集合, 具有整体性、层级性和动态性等特征^[1]。因此, 构建合理的城镇体系, 对于整合区域资源、优化结构布局和统筹经济社会发展具有重要的作用, 而科学划分系统内部的城镇层级是城镇体系规划与研究的基础性工作。学者们运用各种计量、空间分析等方法在城镇体系的系统规模^[2]、空间结构^[3]、空间分布^[4]、内在关联^[5]

和演化机制^[6]等方面形成了丰富的成果, 但是大多绕不开对于城镇体系内部城镇等级层次划分的研究。关于区域城市层级划分研究, 主要可分为单要素评价和多要素综合评价两个方面, 单要素评价主要包括人口规模^[7]、劳动力流动^[8]、服务业规模^[9]、产业聚集^[10]、交通流强度^[11]等, 多要素评价则是通过构建指标体系^[3,12-13], 在计算城市综合分值的基础上进行层级划分。研究技术方法多样, 如断裂点理论^[4]、社会网络分析法^[6]、位序-规模法则^[8]、C-D 生产函数法^[9]、区位熵法^[10]、主成分与聚类法^[11]、

收稿日期: 2018-05-12

基金项目: 安徽农业大学引进与稳定人才项目 (yj2016-17) 和安徽省国土资源软科学研究项目 (财建[2016]997 号) 共同资助。

作者简介: 於冉, 博士, 讲师。E-mail: yuran@ahau.eud.cn

* 通信作者: 於忠祥, 教授, 硕士生导师。E-mail: zhongxiangyu@263.net

引力模型^[14]和 GIS 技术^[15]等。因此, 本研究将以安徽省为例, 基于主成分分析法, 结合聚类分析, 对 16 个地级市进行层级划分, 并对不同层级城市提出相应的发展建议, 以为安徽省城市发展、城镇体系建设提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

安徽省现辖 16 个地级市、6 个县级市, 根据国务院 2014 年发布的《关于调整城市规模划分标准的通知》^[16]中按城区常住人口的划分标准, 安徽省现有 I 型大城市 1 个(合肥)、II 型大城市 8 个(芜湖、六安、阜阳、宿州、淮南、亳州、蚌埠和淮北)、中等城市 11 个(安庆、宣城、马鞍山、铜陵、巢湖、桐城、滁州、池州、天长、界首和明光)、I 型小城市 2 个(黄山、宁国)。近年来安徽省城镇化进程明显, 2017 年的城镇化率达到 53.3%, 相比于 2007 年的 38.7%, 年均增长 1.46%。在 2016 年发布的《长江三角洲城市群发展规划》^[17]中, 安徽省合肥、芜湖、滁州、马鞍山、铜陵、池州、安庆和宣城等 8 市正式纳入长三角城市群, 合肥都市圈更成为该世界级城市群“一核五圈四带”空间格局的重要增长极。为了研究的可比性, 本研究对于县级市不单独评分, 而是纳入所在地级市进行研究。

1.2 数据来源与研究方法

1.2.1 数据来源 土地数据主要来源于全国第二次土地调查、安徽省土地利用变更调查; 社会经济数据主要来源于《安徽统计年鉴 2017》^[18]、各地级市 2017 年的统计年鉴、以及国民经济和社会发展统计公报; 城市数据主要来源于《中国城市统计年鉴 2017》^[19]; 部分未公开的数据, 主要来源于部门调研。

1.2.2 研究方法 城市层级划分是一个多指标、繁杂的动态系统, 涉及的影响因素较多并且包含数据量大, 各种要素间关系复杂且难以界定相关性。因此, 选择主成分分析法对各要素间的相关性进行分析, 在尽可能减少信息损失的前提下, 通过数学变换提取相互线性无关的主要变量, 实现数据结构的简化; 之后, 选择聚类分析法对不同事物的属性进行分析, 找出其共同或相近的特征, 最终划分城市层级。具体研究步骤如下。

(1) 构建分值评价矩阵。假设有 m 个影响城市层级的因子, 同时有 n 个城市层级评价单元, 据此建立 $n \times m$ 阶的分值评价矩阵, 公式如下:

$$X = (X_{ij})_{n \times m} \quad (1)$$

式(1)中, X_{ij} 为第 i 个评价对象在第 j 项的指标数值。

(2) 原始数据标准化。因为各项评价指标的量纲不统一, 需要针对原始数据进行标准化处理, 使得数据具有可比性, 本文应用标准差标准化法进行数据处理, 公式如下:

$$Y = \frac{X_{ij} - \bar{X}}{S_j} \quad (2)$$

式(2)中, \bar{X} 为各指标的平均值, S_j 为样本的标准差。

(3) 建立相关系数矩阵。使用原始数据标准化后的数据矩阵 Y , 建立相关系数矩阵 R , 公式如下:

$$R_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n Y_{ik} Y_{jk} \quad (3)$$

(4) 求解主成分载荷矩阵。计算矩阵 R 的特征值和对应的特征向量 L_i , 将特征向量 L_i 按列排列组成矩阵, 每个特征向量的分量都是 m 阶的行向量。

(5) 根据单元综合评价计算分值。在上述分析的基础上, 建立综合评价函数, 对单元综合评价分值进行计算, 公式如下:

$$Z_i = \frac{(a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_k F_k)}{\sum_{i=1}^k a_i} \quad (4)$$

式(4)中, Z_i 为综合分值, F_k 为第 k ($k=1, 2, \dots, k, k < m$) 个主成分的分值, a_i 为每个主分量的方差贡献率。

(6) 聚类分析。基于主成分分析的得分结果, 运用聚类分析方法, 确定最终的城市层级划分。

2 结果与分析

2.1 指标体系构建

考量城市发展水平, 一般包括以下 5 个方面: 一是该城市在区域或者国家经济发展中的地位与作用, 二是城市发展进程是否与区域禀赋相适宜, 三是自然资源与环境保护效率, 四是生产部门与城市发展的协调性, 五是生产部门以外的基础设施评价等^[20-21]。本研究在已有研究的基础上, 使用特尔菲法, 根据可行性、可靠性、可比性、科学性、全面性等原则, 从人口基数、经济实力、资本水平、教育水平、产业发展水平、对外开放程度、公共服务水平、行政水平等 8 准则层选取 26 个指标进行指标体系构建(表 1)。

2.2 主成分分析

首先, 将原始数据标准化, 再应用 SPSS19.0 软件对标准化后的数据进行主成分分析, 得到输出结果如下。

表 1 指标体系构建表
Table 1 Index system construction

准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	符号 Sign
人口基数 Population base	市辖区常住人口 Resident population in municipal district	X ₁
	市辖区城镇人口 Urban population in municipal district	X ₂
	人口自然增长率 Natural population growth rate	X ₃
经济水平 Economic level	地区生产总值 Regional GDP	X ₄
	在岗职工平均工资 Average wage of workers on duty	X ₅
	批发和零售业销售总额 Total wholesale and retail sales	X ₆
	人均地方财政收入 Per capita local fiscal revenue	X ₇
资本水平 Capital level	人均地方财政支出 Per capita local financial expenditure	X ₈
	固定资产投资额 Fixed assets investment	X ₉
	城市居民人民币人均储蓄存款 Per capita RMB savings deposit for urban residents	X ₁₀
教育水平 Educational level	每万人拥有普通高等学校在校学生数 The number of students in universities in every ten thousand people	X ₁₁
	每万人拥有普通高等学校专任教师数 The number of full-time teachers in universities in every ten thousand people	X ₁₂
	规模以上工业总产值 Total industrial output value above scale	X ₁₃
产业发展水平 Industrial development level	第二产业产值占 GDP 比重 The output value of the second industry accounts for the proportion of GDP	X ₁₄
	第三产业产值占 GDP 比重 The output value of the third industry accounts for the proportion of GDP	X ₁₅
	人均实际使用外资 Per capita actual use of foreign capital	X ₁₆
对外开放程度 The degree of opening to the outside world	年末本地电话用户 Local phone users at the end of the year	X ₁₇
	人均邮电业务量 Per capita postal and telecommunication services	X ₁₈
	每万人拥有医院、卫生院床位数 The amount of hospital beds in every ten thousand people	X ₁₉
公共服务水平 Public service level	人均拥有道路面积 Per capita road area	X ₂₀
	每百人公共图书馆藏书 The amount of books for every hundred people	X ₂₁
	人均居民生活用电量 Per capita household electricity consumption	X ₂₂
	人均居民生活用水量 Per capita household water consumption	X ₂₃
行政水平 Administrative level	人均公园绿地面积 Per capita park and green area	X ₂₄
	人均居住用地面积 Per capita residential land area	X ₂₅
	工业用水重复利用率 Reuse rate of industrial water	X ₂₆

表 2 主成分分析的初始解
Table 2 Initial solution of principal component analysis

指标 Index	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
初始 Initial	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
提取 Extract	0.976	0.958	0.807	0.985	0.874	0.950	0.933	0.790	0.985	0.888	0.878	0.934	0.951

指标 Index	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26
初始 Initial	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
提取 Extract	0.912	0.873	0.693	0.860	0.858	0.842	0.917	0.731	0.788	0.933	0.941	0.909	0.820

表 2 中，主成分分析的初始解用来说明所有数据的共同度；提取值大部分超过 80%，即使最低的人均实际使用外资也达到了 69.3%，因子提取效果较为理想，表明本研究所选取的 26 个变量均可被因子解释。再根据主成分分析计算出的特征值，做出碎石图（图 1）与旋转后的载荷矩阵（表 3），从而

确定公因子个数。

碎石图是依据特征值大小进行排列的成分散点图。由图 1 可见，从第 5 个公因子后，碎石图的折线已趋于平缓，斜率趋近于 0，说明第 5 个公因子之后的特征值较低，适宜选取 5 个关键性公因子。而且，一般而言，如果累计贡献率高于 85%，则说

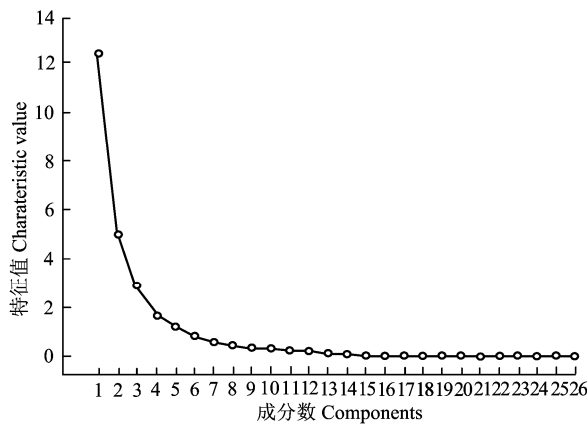


图 1 旋转后的碎石图

Figure 1 Lithotripsy after rotating

明所选取的公因子具有很好的解释性。表 3 显示, 本文研究所提取的 5 个公因子的累积贡献率百分比达到 88.405%, 具备足够的解释力, 原有变量的信息损失较少, 分析效果理想。公因子得分系数矩阵如表 4 所示。

表 4 中的每一列代表该公因子作为原始变量的线性组合的系数, 各公因子的各项得分则可以依据标准化后的原始变量数据结合该系数进行计算, 公式如下:

$$F_n = \sum_{k=1}^{26} k_i X_i \tag{5}$$

式 (5) 中, F_n 为第 n 个公因子 ($n=1,2,3,4,5$), X_i 为第 i 个变量标准化后的数值, k_i 为对应的系数。因此, 依据式 (4), 各城市综合得分计算公式可写为:

$$Z_i = (310.775F_1 + 260.431F_2 + 120.121F_3 + 110.033F_4 + 70.045F_5) / 880.405 \tag{6}$$

根据式 (5) 和式 (6), 计算得到安徽省 16 个地级市的各项公因子得分与排名、以及综合得分与排名 (表 5)。

根据综合得分进行最终排名, 综合得分越高, 说明城市综合实力越强。由表 5 可知, 2016 年全省不同城市得分差异明显, 其中, 合肥综合得分最高, 宣城最低。

表 3 旋转后的载荷矩阵

Table 3 The load matrix after rotation

公因子 Common factor	初始特征值 Initial eigenvalue			提取平方和载入 Load squared sum			旋转平方和载入 Load the rotation square sum		
	合计 Total	方差的% Variance%	累积% Accumulate%	合计 Total	方差的% Variance%	累积% Accumulate%	合计 Total	方差的% Variance%	累积% Accumulate%
	1	12.331	47.426	47.426	12.331	47.426	47.426	8.261	31.775
2	4.986	19.177	66.603	4.986	19.177	66.603	6.872	26.431	58.206
3	2.854	10.979	77.582	2.854	10.979	77.582	3.151	12.121	70.327
4	1.620	6.231	83.813	1.620	6.231	83.813	2.869	11.033	81.359
5	1.194	4.592	88.405	1.194	4.592	88.405	1.832	7.045	88.405

表 4 公因子得分系数矩阵

Table 4 The coefficient matrix of common factor score

项目 Item	公因子 Common factor					项目 Item	公因子 Common factor				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
X1	0.156	-0.066	-0.067	-0.019	-0.034	X14	-0.008	0.029	-0.158	0.378	0.009
X2	0.132	0.004	-0.085	0.022	-0.049	X15	0.000	0.105	0.090	-0.364	-0.103
X3	0.051	0.030	-0.388	0.192	0.005	X16	0.012	0.073	-0.013	0.228	-0.221
X4	0.127	-0.010	0.013	-0.004	-0.070	X17	0.130	-0.069	-0.080	-0.047	0.131
X5	0.060	-0.100	0.305	-0.094	0.044	X18	0.076	-0.129	0.172	0.013	0.200
X6	0.129	-0.035	0.017	-0.051	0.007	X19	-0.015	0.109	-0.088	-0.095	0.191
X7	-0.010	0.069	0.064	0.022	0.064	X20	-0.031	-0.120	0.055	-0.001	0.594
X8	-0.044	0.135	0.086	0.025	-0.161	X21	-0.049	0.230	-0.111	-0.078	-0.139
X9	0.124	0.004	-0.007	0.031	-0.097	X22	0.021	0.028	0.002	-0.112	0.236
X10	-0.041	0.177	0.033	-0.059	-0.115	X23	0.014	0.126	0.003	0.055	-0.122
X11	0.043	0.058	0.011	0.063	-0.018	X24	-0.024	0.162	-0.044	0.045	-0.057
X12	0.057	0.076	-0.014	0.061	-0.072	X25	-0.063	0.127	-0.198	0.049	0.266
X13	0.114	-0.002	-0.016	0.065	-0.054	X26	-0.035	-0.101	0.292	0.062	0.062

注: 0 为平均水平, 正值表示在平均水平之上, 负值则表示在平均水平之下。下同。

Note: 0 indicates average poverty levels, The positive value and negative value indicate common factors with above average and below average levels. The same below.

表 5 安徽省 16 个地级市公因子及综合得分与排名

Table 5 Common factor and comprehensive scoring and ranking of 16 cities in Anhui Province

城市 City	F_1		F_2		F_3		F_4		F_5		Z	
	分数 Score	排名 Rank	分数 Score	排名 Rank	分数 Score	排名 Rank	分数 Score	排名 Rank	分数 Score	排名 Rank	分数 Score	排名 Rank
合肥 Hefei	11.69	1	1.48	6	0.65	6	-0.57	11	0.19	8	4.68	1
芜湖 Wuhu	3.23	2	0.23	7	1.68	4	1.01	4	0.68	3	1.64	2
马鞍山 Ma'anshan	-0.44	9	1.97	4	1.73	3	1.32	3	-2.51	16	0.63	3
蚌埠 Bengbu	-0.38	7	1.58	5	-1.48	12	0.91	6	0.38	5	0.28	4
铜陵 Tongling	-1.76	12	2.41	3	0.26	9	0.93	5	-0.68	14	0.19	5
安庆 Anqing	-2.33	14	3.81	1	-1.50	13	-1.50	15	0.20	7	-0.08	6
滁州 Chuzhou	-2.02	13	-0.08	9	0.56	7	2.21	1	2.83	1	-0.17	7
淮南 Huainan	0.55	3	-0.84	11	-0.82	11	-0.43	10	0.37	6	-0.19	8
黄山 Huangshan	-3.61	16	2.88	2	1.94	2	-2.49	16	0.68	2	-0.43	9
淮北 Huaibei	-1.04	10	-0.07	8	-2.43	15	1.49	2	-0.34	10	-0.57	10
阜阳 Fuyang	0.51	4	-1.09	11	-2.84	16	-1.13	13	0.18	9	-0.67	11
宿州 Suzhou	0.27	5	-1.88	12	-1.87	14	-0.89	12	-0.54	12	-0.88	12
六安 Lu'an	0.10	6	-3.23	14	0.52	8	-0.22	9	-0.57	13	-0.93	13
池州 Chizhou	-2.69	15	-0.66	10	1.25	5	0.52	7	-0.81	15	-0.98	14
亳州 Bozhou	-0.38	8	-3.21	13	-0.44	10	0.03	8	-0.52	11	-1.19	15
宣城 Xuancheng	-1.70	11	-3.30	15	2.79	1	-1.19	14	0.46	4	-1.33	16

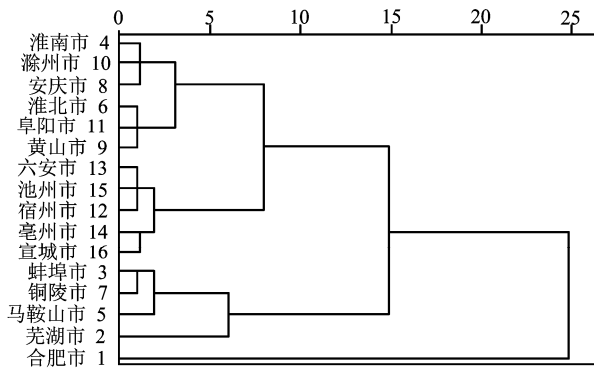


图 2 聚类分析树形图

Figure 2 Tree graph of cluster analysis

具体而言,合肥是安徽省中心城市,作为省会城市具有得天独厚的政策和科技优势,城市基础设施完善,区位优势明显,二、三产业发达,土地集约利用程度较高。合肥市第一公因子排名第一,其他公因子排名中游,原始数据中的市辖区常住人口、市辖区城镇人口、地区生产总值、固定资产投资、批发和零售业销售总额等指标遥遥领先,其他多项指标排名前列,综合得分为 40.68,排名第 1。芜湖、马鞍山、蚌埠、铜陵属于安徽省重要工业城市,区位优势强,各项投资较多,拥有较高土地资源的投入产出比例,各公因子排名情况多靠前,综合得分在 0.19~10.64 之间,超过全省平均水平,排名第 2~4 位。其他 12 个城市,虽然部分公因子得分超过平均值,但综合得分在全省平均水平之下,排名 5~16 位。

2.3 聚类分析

为了使安徽省 16 个地级市的层级划分更为精

准,特别是 5~16 位的城市,基于主成分分析结果,将各城市主成分分析的综合得分作为变量进行分层聚类。聚类类型是 Q 型聚类 (Cases),聚类方法使用离差平方和法 (Ward's method),距离的测量采用欧氏距离 (Euclidean distance),城市分层定级的综合得分没有量级上的差异,因此不需要进行标准化处理。聚类结果如树形图所示 (图 2)。

图 2 的聚类分析结果显示,合肥单独分为一类,淮南、滁州、安庆分为一类,淮北、阜阳、黄山为一类,六安、池州、宿州、亳州、宣城为一类,蚌埠、铜陵、马鞍山、芜湖为一类。

综合主成分分析与聚类分析结果,将安徽省各地级市划分为 3 个层级:合肥、芜湖、马鞍山、蚌埠、铜陵分为第 1 层级,属于实力型城市,经济实力强劲、产业发展领先、资本储备丰富、对外开放程度高、教育投入力度大、公共服务水平好,是安徽省各区域的经济中心;安庆、滁州、淮南、黄山、淮北、阜阳分为第 2 层级,属于中等型城市,各有优势所在,但在某一个或某几个方面存在不足,使得城市综合实力处于全省中等水平;宿州、六安、池州、亳州、宣城分为第 3 层级,属于潜力型城市,在安徽省内综合实力偏低,但发展潜力巨大。

3 讨论与结论

本研究应用主成分分析和聚类分析的方法,对安徽省 16 个地级市进行了层级划分研究,根据研究结果,将其划分为 3 个层级。合肥、芜湖、马鞍山、

蚌埠、铜陵分为第 1 层级,属于实力型城市;安庆、滁州、淮南、黄山、淮北、阜阳分为第 2 层级,属于中等型城市;宿州、六安、池州、亳州、宣城分为第 3 层级,属于潜力型城市。对比纳入《长江三角洲城市群发展规划》^[17]中的安徽省 8 个地级市,第 1 层级 4 个(合肥、芜湖、马鞍山、铜陵),第 2 层级 2 个(安庆、滁州)、第 3 层级 2 个(池州、宣城),形成了很好的区域发展梯级,研究结论对于促进安徽省整体发展具有重要意义。针对安徽省 3 个层级的城市划分,分别提出相应建议。

(1) 保生态、聚智慧,用科技引领实力型城市发展。中共十九大报告明确提出要划定 3 条控制线,意在控制城市的横向扩展,顺应生态文明建设。与此同时,全省人口向实力型城市汇集,在划定城市开发边界的情况下单纯的城市横向扩展已很难容纳日益增多的人口。研究显示,安徽省实力型城市的相关指标明显优于其他城市,因此要继续加大科技投入,建立智慧城市、立体城市,用科技保民生、向地下要空间才是现阶段实力型城市节约集约利用土地、控制城市无序扩张、保障生态和谐发展是提高城市实力层次的最佳选择^[22]。

(2) 调结构、控污染,用高效工业推动中等型城市发展。安徽省中等型城市,大多具有一定的工业基础,然而随着经济社会的转型及低碳城市的诉求,使得这类城市在发展中遇到了一定的瓶颈,原来的生产结构已与当前时代发展的匹配度不相协调,而且对遗留下来的生态环境问题的治理分散了部分城市发展精力。因此,应当严格按照“三去一降一补”的要求,在适度扩大总需求的同时,通过改革的办法来推进结构调整,矫正要素配置的扭曲,在化解过剩产能、产业转型升级、新兴产业培育等方面加大力度,从而提升城市综合实力。

(3) 促生产、汇人才,用现代化农业加速潜力型城市发展。人才是区域发展最重要的资源之一,安徽省潜力型城市大多工业基础薄弱、农业现代化水平较低,同时农业人口较多、第一产业产值占比相对较高。针对这一类型的城市,一方面需要提升农业现代化水平,加快农业人口向城市集聚,另一方面则应制定人才引进计划,吸引一大批各行各业具有高技术高水平的人才以提供技术保障。只有将二者有机结合,才能保证潜力型城市又好又快发展。

参考文献:

[1] 许学强,周一星,宁越敏. 城市地理学 [M]. 2 版. 高等教育出版社,2010.

- [2] 丁志伟,张改素,王发曾. 中原经济区现代城镇体系的规模与等级结构研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013,23(S1):15-18.
- [3] 郭晓东,李莺飞,马利邦. 基于改进 Converse 断裂点模型和加权 Voronoi 图的区域城镇体系结构研究:以天水市为例[J]. 地域研究与开发, 2017, 36(6): 70-75.
- [4] 闫广华. 沈阳都市圈的范围及城镇空间分布的分形研究[J]. 地理科学, 2016, 36(11): 1736-1742.
- [5] TAYLOR P J, HOYLER M, VERBRUGGEN R. External urban relational process: introducing central flow theory to complement central place theory[J]. Urban Stud, 2010, 47(13): 2803-2818.
- [6] 聂晶鑫,黄亚平,单卓然. 武汉城市圈城镇体系特征与形成机制研究:基于城市网络的视角[J]. 现代城市研究, 2018, 33(3): 110-116.
- [7] 李晓江,郑德高. 人口城镇化特征与国家城镇体系构建[J]. 城市规划学刊, 2017(1): 19-29.
- [8] LIANG Q, CHEN Q Y, WANG R Y. Household registration reform, labor mobility and optimization of the urban hierarchy[J]. Soc Sci China, 2015, 36(2): 130-151.
- [9] 刘书瀚,于化龙. 基于生产性服务业集聚的中心城市等级划分及其空间溢出效应研究[J]. 城市发展研究, 2017,24(11):14-19.
- [10] 李新瑜. 基于产业集聚发展的城镇规模等级结构研究:以河南省为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(2):190-196.
- [11] 黄园园,闫庆武,冯志鹏,等. 基于交通流强度的淮海经济区城市等级体系划分研究[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(5): 58-63.
- [12] 张改素,丁志伟,胥亚男,等. 河南省城镇体系等级层次结构研究:基于河南省新型城镇化战略分析[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(1): 46-51.
- [13] 周霞,王德起,刘海楠,等. 城市群城镇等级体系:理想金字塔与演变趋势:以京津冀为例[J]. 城市发展研究, 2017, 24(6): 23-29.
- [14] 赫胜彬,王华伟. 京津冀城市群空间结构研究[J]. 经济问题探索, 2015(6): 105-111.
- [15] 朱华南. 基于 GIS 的长江经济带城镇体系空间结构研究[D]. 重庆:重庆交通大学, 2017.
- [16] 国务院. 关于调整城市规模划分标准的通知[R]. [2014-10-29]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/20/content_9225.htm.
- [17] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 长江三角洲城市群发展规划 [R]. [2016-06-01]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201606/t20160603_806390.html
- [18] 安徽省统计局. 安徽省统计年鉴:2017[M]. 北京:中国统计出版社, 2017.
- [19] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴:2017[M].北京:中国统计出版社,2017.
- [20] 靳艳峰,李钢. 基于灰色聚类分析的京津冀城市群层级划分研究[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2015,17(6):70-76.
- [21] 吕晓,臧涛,张全景. 土地政策的农户认知及其农地转出响应研究:基于山东省 287 份农户问卷调查的实证[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017,17(5):100-110.
- [22] 朱兆丽. 新时期大城市地下空间规划与开发研究:以常州市为例[J]. 城市规划学刊, 2016(5): 112-118.