

甘肃省县域城市化水平差异的人工神经网络测定

宫继萍, 石培基, 潘竞虎, 魏 伟

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要: 运用人工神经网络的理论和方法, 构建BP神经网络, 评价2009年甘肃省县域城市化水平, 将87个县域城市化水平分为5级。对频数分布特征、变异系数、威廉森系数和最大与最小系数的分析表明, 甘肃省县域城市化空间分异显著。具体表现为: 呈正偏态分布, 第三、四级别的县市比例较大; 城市化水平发展不均衡, 呈现西北—东南差异; 经济区内部分异大, 表现为西北高、东南低的趋势。利用Spearman's rho相关分析得出影响城市化水平的因素及相关度。

关键词: 人工神经网络; 城市化水平; 县域; 甘肃省

中图分类号: F280

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2012)03-0068-05

0 引言

城市化是当今世界最重要的空间现象和经济现象之一, 是区域产业结构演变及区域社会经济发展到一定阶段的产物, 也是激发新一轮财富充分涌流的载体。推进城市化与提高城市化质量既是全面建设小康社会的现实要求, 又是有效解除中国经济社会约束“瓶颈”、实现区域经济持续增长的有效路径^[1]。

目前, 国内主流研究思路是采用复合指标来计算城市化水平, 其基本模式是首先选出能反映城镇各方面基本特征的一组指标, 然后根据这些指标计算出一个综合值, 代表一个地区城市化的水平^[2]。不同学者研究的地域不同、获取指标数据的难易程度不同, 因而选取的指标也不尽相同。研究方法一般采用AHP层次分析法、主成分方法、模糊数学和其他数理统计等^[2-5], 常遇到归一化不同量纲指标、排除人为主观因素影响确定指标权重等难题。人工神经网络(ANN: artificial neural network)是由大量神经元节点互连而成的复杂网络, 是反映人脑结构及功能的一种抽象数学模型。它通过对大量样本的反复学习, 由内部自适应过程不断修改各神经元之间互连的权值, 最终使神经网络的权值分布收敛于一个稳定的范围。BP(back propagation)网络是ANN技术中应用最为广泛的一种网络类型, 与传统的统计分析模型相比具有更好的容错性、鲁棒性和自适应性, 在预测预报、分类及评价等方面最为适用^[6]。本研究即运用BP神经网络的方法, 通过构建城市化水平综合评价指标体系, 用城市化水平综合评价价值来定量地反映甘肃省县域城市化水平的高低。

1 研究区概况

甘肃省位于我国西北地区, 地处黄河上游, 地域辽阔, 东西长1 655 km, 南北宽530 km, 地域面积45.44万km², 总人口2 716.73万。甘肃省共设兰州、天水、白银、金昌、嘉峪关、武威、庆阳、平凉、张掖、酒泉、定西、陇南12个地级市以及临夏、甘南2个自治州。改革开放以来, 甘肃省经济得到了迅速发展, 人民生活水平不断提高, 1978年, 甘肃全省生产总值达64.73亿元, 2011年, 全省生产总值5 020亿元, 是1978年的77.55倍, 已逐渐成为我国西部的经济大省。然而, 由于甘肃省区域空间跨度比较大, 各地区之间资源禀赋、气候环境、人口状况等因素有较大的差异, 省域内部经济发展水平及发展速度不平衡的问题日趋明显。

2 县域城市化水平人工神经网络测定

2.1 评价体系及标准

城市化是人口、空间、经济、社会以及生态等多种因素综合动态发展的过程, 具有丰富、深刻的内涵^[7]。遵循指标选取的综合性、前瞻性、分布性、科学性、可比性、可获得性和数字化原则^[2], 通过系统分析, 从空间集聚水平、经济增长水平、社会发展水平和基础设施水平4个方面构建城市化水平的评价指标体系, 共包括4类17个指标(表1)。

2.2 研究对象和数据样本

县域作为我国最基本的行政单元和社会经济功能比较完整的地域单元, 具有相对独立的完整体系, 是研究区域发展的基本单元^[8]。本研究在空间单元划分上采用二级划分: 首先选取1个地级市(嘉峪关市)和86个县(市、区)(包括17个市辖区、4个县级市、58个县、7个自治县)为基本空间单元。然后, 选择经济区作为二级分区的空间单元, 按照陈怀录、蒲欣冬等的划分将甘

收稿日期: 2011-04-01; 修回日期: 2012-03-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40971078, 41061017); 甘肃省青年科技基金计划项目(1107RJYA 077)

作者简介: 宫继萍(1986-), 女, 江苏南京市人, 硕士研究生, 主要从事城市与区域发展研究, (E-mail)gongjiping78@126.com。

表 1 甘肃省县域城市化水平评价指标体系

Tab. 1 The comprehensive index system of urbanization level of county areas in Gansu Province

总指标	指标集	评价指标
城市化水平	空间集聚水平	I_1 非农业人口比重 / %
		I_2 人口自然增长率 / %
		I_3 就业人口比重 / %
	经济增长水平	I_4 人均 GDP / 元
		I_5 人均工业产值 / 元
		I_6 第二、三产业产值比重 / %
		I_7 人均社会固定资产投资总额 / 元
		I_8 农民人均纯收入 / 元
		I_9 人均城乡居民储蓄存款 / 元
	社会发展水平	I_{10} 人均社会消费品零售额 / 元
		I_{11} 每万人拥有医院床位数 / 张
		I_{12} 每万人在校学生数 / 人
		I_{13} 人均拥有公园绿地面积 / m^2
	基础设施水平	I_{14} 境内交通网里程数 / $(\text{km} \cdot \text{km}^{-2})$
		I_{15} 每万人拥有移动电话数 / 部
		I_{16} 人均生活用水量 / t
		I_{17} 城市燃气普及率 / %

肃省划分为陇中、河西、陇东、陇南和南部民族地区(临夏州、甘南州)5 个经济区。数据来源于《甘肃年鉴》和《中国县(市)社会经济统计年鉴》2009 年的数据。所有数据在输入网络前均进行归一化处理。

2.3 网络结构

以表 1 中的评价指标 ($I_1 \sim I_{17}$) 作为 17 个输入层神经元,隐层神经元个数根据公式 $m = \sqrt{n+m} + a$ (其中: m 为输出神经元数; n 为输入神经元数; a 为 $[1,10]$ 之间的常数) 确定为 5 个,输出神经元为 1 个,此时网络收敛最快,其中输出层神经元为城市化水平分级,BP 网络的结构为 $17 \times 5 \times 1$ 结构(图 1)。城市化水平综合评价分为 5 级:1 表示城市化水平低;2 表示城市化水平较低;3 表示城市化水平中等;4 表示城市化水平较高;5 表示城市化水平高。

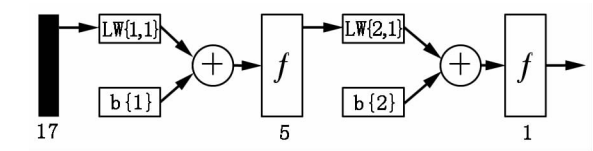


图 1 BP 神经网络结构

Fig. 1 Structure of BP neural network

2.4 网络训练与检验

准备训练数据是网络模型训练、测试和检验的基础和关键^[9]。由于经济发展水平的人工神经网络研究尚处于起步阶段,没有一个通用的评价标准,因此,本研究根据所有样本的数据最大值最小值区间,采用自然断点分级法(natural breaks),对数据进行等级划分,构建人工神经网络的训练数据(表 2)。再利用 Matlab 软件对其进行训练,得到网络计算结果。其中,BP 神经网络是

采用函数 traingda 进行训练。通过对计算结果与已有成果进行分析^[10]来研究神经网络模型的模拟精度。最后网络的训练的基本参数为:最大批量训练次数 10 000 次,最大误差为 0.000 1。当网络的输出与已有的研究成果一致时^[10],网络停止训练,保存网络。

表 2 甘肃省县域城市化等级的 ANN 模型评价标准

Tab. 2 The evaluation criterion of county urbanization grade by ANN model in Gansu Province

指标	城市化水平等级				
	1	2	3	4	5
A_1	0.061	0.296	0.530	0.765	1.000
A_2	0.015	0.261	0.508	0.754	1.000
A_3	0.403	0.552	0.702	0.851	1.000
A_4	0.022	0.266	0.511	0.755	1.000
A_5	0.002	0.251	0.501	0.750	1.000
A_6	0.495	0.621	0.748	0.874	1.000
A_7	0.017	0.263	0.509	0.754	1.000
A_8	0.133	0.350	0.566	0.783	1.000
A_9	0.011	0.258	0.506	0.753	1.000
A_{10}	0.012	0.259	0.506	0.753	1.000
A_{11}	0.039	0.280	0.520	0.760	1.000
A_{12}	0.055	0.291	0.528	0.764	1.000
A_{13}	0.084	0.313	0.542	0.771	1.000
A_{14}	0.001	0.250	0.500	0.750	1.000
A_{15}	0.012	0.259	0.506	0.753	1.000
A_{16}	0.130	0.347	0.565	0.782	1.000
A_{17}	0.273	0.455	0.637	0.818	1.000

说明: $A_{1 \sim 17}$ 分别为研究区所有样本 $I_{1 \sim 17}$ 归一化并采用自然断点分级法划分后的结果。

3 县域城市化水平空间分异及成因

3.1 甘肃省县域城市化水平空间分异特征

3.1.1 呈正偏态分布,第三、四级别的县市比例略大。根据城市化水平综合评价值将甘肃省县域城市化水平分为 5 个级别(表 3),用县域城市化水平的频数分布来表征甘肃省 87 个县市城市化水平的差异特征(图 2)。甘肃省县域城市化水平的频数分布是正偏态的,偏度值为 1.456 7,呈右偏态分布,均值在峰值的右边,说明城市化水平较低的所占比例较大;峰度为 1.711 3,频数分布比正态分布更集中在平均数周围,分布呈尖峰状态。

87 个县市中,第三、四级别的县市占了 77.01%;城市化水平低于全省均值的有 55 个,占了 6 成以上;32 个高于均值的县市中还包含了 1 个地级市和 3 个县级市;城市化水平最高县市与最低的极差达到 4.206 2,这充分说明了两极分化的严重。

3.1.2 城市化水平发展不均衡,呈现西北—东南差异。对甘肃省 87 个县市城市化水平的测度及分级可以看出西北—东南具有明显的差异(图 3):(1)第一级别的金川区位于河西地区;第二级别除永昌、嘉峪关位于河西

表 3 2009 年甘肃省县域城市化水平分级
Tab. 3 Classification of urbanity
of county areas in Gansu Province in 2009

等级	第一级别	第二级别	第三级别	第四级别	第五级别
划分标准	$4 < Y \leq 5$	$3 < Y \leq 4$	$2 < Y \leq 3$	$1 < Y \leq 2$	$0 < Y \leq 1$
城市化水平高低	高	较高	中等	较低	低

说明：Y 表示城市化水平综合评价价值。

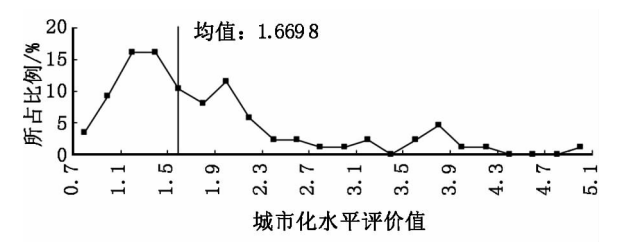


图 2 甘肃省县域城市化水平频数分布图
Fig. 2 Frequency distribution
on urbanization level of county areas in Gansu Province

外,其余 7 个县市均位于陇中地区;第三级别中有 6 个县市位于河西地区,2 个县市位于陇中地区,2 个县市位于陇南地区;第四级别中会宁、永登、皋兰和榆中 4 个县市位于陇中地区,其余 43 个县市在河西、陇南、陇东和南部民族地区的分布相当;而第五级别 20 个县市有 75% 位于陇中和南部民族地区,15% 位于陇东和陇南地区,河西没有分布。(2)河西地区 20 个县市城市化水平均值为 2.268;陇中地区 20 个县市均值为 2.127 9;陇南地区 16 个县市均值为 1.327 9,陇东地区 15 个县市均值为

1.236 7,而南部民族地区 16 个县市均值为 1.136 6,仅为河西地区的 50.82%。

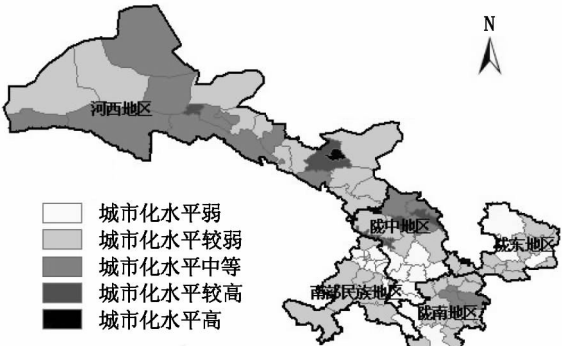


图 3 甘肃省县域城市化水平空间分异图
Fig. 3 Spatial disparities on
urbanization level of county areas in Gansu Province

3.1.3 经济区内部差异大,表现为西北高一东南低的趋势。甘肃省 5 大区域内部县域城市化水平差异显著,用反映区域总体差异程度的综合指标(变异系数、威廉森系数和最大与最小系数)来表征 5 大区域内部城市化水平差异程度,其指标值越大说明城市化水平差异越大(表 4)。可以看出,变异系数和威廉森系数均是陇中>河西>陇南>南部>陇东,最大与最小系数是陇中>河西>陇南>陇东>南部。城市化水平高的区域内部差异较大;城市化水平低的区域内部差异较小。尤其是陇中地区,以黄河为界,北部地区的县市城市化水平明显高于南部地区。

表 4 五大区域内部城市化水平差异对比

Tab. 4 Comparison on internal urbanization level disparities of five regions

区域	变异系数	威廉森系数	最大与最小系数
	$V = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n}{\bar{x}} \right]^{1/2}$	$W = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2 \times P_i / P}{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2} \right]^{1/2}$	$V_m = X_{\max} / X_{\min}$
陇东	0.225 0	0.263 1	2.277 4
陇中	0.580 5	1.173 9	6.396 7
陇南	0.304 7	0.465 0	3.610 4
河西	0.390 0	0.826 9	3.634 8
甘南	0.256 6	0.270 3	2.125 4

说明： x_i 为该区域内第 i 个地区的该属性值； \bar{x} 为地区某属性值的平均值； P_i 为 i 地区人口数； P 为全国人口总数； n 为地区个数； X_{\max} 为某属性值最大的地区， X_{\min} 为该属性值最小的地区； V_m 为第 m 个区域的最大与最小系数。

3.2 甘肃省县域城市化水平空间分异的成因

3.2.1 县域城市化水平关联因子分析。为了进一步分析影响甘肃县域城市化水平强弱的主要因素,将城市化水平综合评价价值 Y 与 17 个指标 $I_1 \sim I_{17}$ 进行 Spearman's rho 相关分析(表 5)。

总体上,经济增长水平对城市化水平的影响最大,其次是空间集聚水平、基础设施水平和社会发展水平;

与城市化水平相关性最大的因子分别是:反映空间集聚水平的 I_1 (非农业人口比重)、反映经济增长水平的 I_4 (人均 GDP)、反映社会发展水平的 I_{10} (人均社会消费品零售额)、反映基础设施水平的 I_{15} (每万人拥有移动电话数)。因子 I_2 (人口自然增长率)和 I_{12} (每万人在校学生数)与城市化水平呈负相关。

3.2.2 县域城市化水平空间分异的成因。分别计算第

表 5 影响甘肃省
县域城市化水平的 Spearman’s rho 相关分析
Tab. 5 Spearman’s rho relative analysis on influencing
urbanization level of county areas in Gansu Province

指标集	指标	相关度
空间集聚水平	I_1	0.745
	I_2	-0.577
	I_3	0.579
经济增长水平	I_4	0.806
	I_5	0.734
	I_6	0.625
	I_7	0.658
	I_8	0.789
	I_9	0.755
	I_{10}	0.768
社会发展水平	I_{11}	0.688
	I_{12}	-0.377
基础设施水平	I_{13}	0.468
	I_{14}	0.168
	I_{15}	0.825
	I_{16}	0.575
	I_{17}	0.577

说明:相关系数在 0.01 的统计水平上显著相关。

一、二、三、四、五级别各指标的平均值,以直观表现空间集聚水平、经济增长水平、社会发展水平和基础设施水平的差异对甘肃省县域城市化水平差异的贡献(表 6)。

表 6 甘肃省不同级别的
空间集聚、经济增长、社会发展、基础设施水平

Tab. 5 Level of space concentration, economic
progress, social development and infrastructural

facility construction of different counties in Gansu Province

级别	空间集聚水平	经济增长水平	社会发展水平	基础设施水平
第一级别	0.349 4	0.394 2	0.366 3	0.421 5
第二级别	0.274 6	0.267 3	0.307 0	0.351 2
第三级别	0.212 7	0.263 5	0.276 2	0.348 8
第四级别	0.174 2	0.246 1	0.233 7	0.270 1
第五级别	0.142 0	0.212 5	0.218 8	0.239 2

(1)空间集聚水平。第一级别县市空间集聚水平高,相应城市化水平也较高;第四、五级别县市空间集聚水平低,相应城市化水平也较低。第一、二级别的县市大多位于兰州市辖区和河西地区,兰州市是甘肃省的省会城市,也是全国闻名的石化工业基地;河西地区经济发展历史悠久,自汉代就成为通往西域的通道,是著名的古“丝绸之路”的组成部分;嘉峪关、玉门、金川区、白银区、阿克塞县都是典型的资源型工业城市。这些区域二、三产业比重较大,吸引农业人口向城镇集聚的能力较强,因而空间集聚水平较高,带动了城市化发展。

(2)经济增长水平。甘肃省县域经济发展水平的差异是其城市化水平发展差异的主要原因。改革开放以

来,甘肃省走的是一条典型的非均衡协调发展之路,从 20 世纪 80 年代到现在,无论是从国家的战略布局看,还是从甘肃的战略安排看,本来经济发展条件就比较好的“一体两翼”(一体:兰州白银核心区;两翼:天水 and 酒嘉经济区)地区发展机遇更多,经济实力不断得到加强,而经济基础相对较弱的陇东和甘南、临夏地区却很少被惠及,这无疑是在不断强化和加剧甘肃区域经济发展的差距,也是形成甘肃县域城市化水平呈现“西北高一东南低”空间格局的重要原因。据统计,2009 年第一级别县市的人均 GDP 为 74 756.32 元,分别为第二、第三、第四和第五级别县市的 1.67 倍,2.12 倍,3.37 倍和 5.67 倍;其中城市化水平最高的金川区人均 GDP 为 74 662 元,而城市化水平最低的积石山县人均 GDP 是 2 521 元,仅为金川区的 3.38%。

(3)社会发展水平。第一级别县市社会发展水平最高,分别为第二、第三、第四和第五级别县市的 1.52 倍,1.51 倍,1.59 倍和 1.89 倍。说明第一级别县市居民生活质量高,科教文卫发展水平先进,城市化水平相对较高。 I_{12} (每万人在校学生数)表示教育水平,它与城市化水平呈负相关,这表明教育发展滞后于人口增长,经济发展、城镇物质建设与城市应有的教育水平不相符。因此,应该提高经济发达地区的教育水平,促进经济与教育的同步发展,以进一步提高城市化水平。

(4)基础设施水平。基础设施水平的高低反映了一个地区市政设施和现代通讯基础设施的完善程度,对城市化水平的高低起到一定的支撑作用。由表 6 可知,第四、五级别县市基础设施水平较低。这些县市一方面经济落后,导致基础设施水平的投入严重不足,另一方面基础设施水平落后又造成地区经济发展受到很大制约。因此,这些地区应加快基础设施建设,形成完善的市政设施和现代通讯设施,加强城镇的物质建设,促进城市化水平进一步提高。

4 结语

(1)利用人工神经网络模型对县域城市化水平测度进行了尝试。通过选择空间集聚水平、经济增长水平、社会发展水平和基础设施水平 4 个方面的 17 个评价指标对甘肃省县域城市化水平进行评价,把甘肃省 87 个县域的城市化水平综合评价值分为 5 个等级,其结果比较符合实际情况。

(2)甘肃省县域城市化水平空间分异呈现 3 个特征:①呈正偏态分布,第三、四级别的县市比例略大;②城市化水平发展不均衡,呈现西北—东南差异;③经济区内部分异大,呈现西北—东南递减趋势,陇中>河西>陇南>南部>陇东。

(3)对城市化水平影响最大的是经济增长水平,它是提高城市化水平的强大动力;与城市化水平相关性最大的因子分别是:反映空间集聚水平的 I_1 (非农业人口

比重)、反映经济增长水平的 I_4 (人均 GDP)、反映社会发展水平的 I_{10} (人均社会消费品零售额)、反映基础设施水平的 I_{15} (每万人拥有移动电话数); 因子 I_2 (人口自然增长率) 和 I_{12} (每万人在校学生数) 与城市化水平呈负相关, 甘肃省在当今城市化快速推进的过程中应该控制人口自然增长率, 加大教育投资, 进一步提高城市化水平。

参考文献:

- [1] 李诚固, 郑文升, 李培祥. 我国城市化的区域支撑模型分析[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 1-6.
- [2] 欧名豪, 李武艳, 刘向南, 等. 区域城市化水平的综合测度研究——以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(5): 408-412.
- [3] 郑文升, 王晓芳, 李诚固. 1997 年以来中国副省级城市区域城市化综合发展水平空间差异[J]. 经济地理, 2007, 27(2): 256-260.
- [4] 刘盛和. 中国城市化水平省际差异的成因探析[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(6): 530-535.
- [5] 许月卿, 贾秀丽. 近 20 年来中国区域经济发展差异的测定与评价[J]. 经济地理, 2005, 25(5): 600-603, 628.
- [6] 李双成, 郑度. 人工神经网络模型在地学研究中的应用进展[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 68-76.
- [7] 刘艳军, 李诚固, 孙迪. 区域中心城市城市化综合水平评价研究——以 15 个副省级城市为例[J]. 经济地理, 2006, 26(2): 225-229.
- [8] 余华, 张小林, 黄飞飞, 等. 江苏省县域城市性发展差异的 BP 神经网络测定[J]. 人文地理, 2009, 24(4): 38-49.
- [9] 常青, 王仰麟, 吴健生, 等. 城市土地集约利用程度的人工神经网络判定——以深圳市为例[J]. 中国土地科学, 2007, 21(4): 26-31.
- [10] 潘竟虎, 张佳龙, 张勇. 甘肃省区域空间差异的 ESDA-GIS 分析[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2006, 42(6): 83-87, 91.

Analysis on the Difference of Urbanization Level of County Areas in Gansu Province Based on Artificial Neural Network

Gong Jiping, Shi Peiji, Pan Jinghu, Wei Wei

(College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Choosing 87 county areas in Gansu Province as study object, this paper first selects 17 representative indicators from the aspects of space concentration level, economic progress level, social development level and infrastructural facility construction level, constructs index system to evaluate urbanization level by using artificial neural network theory, based on statistic data of Gansu Province in 2009. Then, urbanization level of 87 county areas are classified into five degrees. Moreover, the paper analyzes frequency distribution features and calculates variation coefficient, William coefficient, maximal and minimal coefficient, finding: 1) Its frequency distribution has positive skewness features, and a bigger proportion of counties in the third and fourth degree; 2) The urbanization level development is uneven, and it is declined from northwest to southeast; 3) Internal differentiations of five economic regions declined from northwest to southeast. Finally, the Spearman's rho correlation analysis indicated that the level of economic growth is the greatest impacting factor of urbanization level, which is also the powerful driving force; The proportion of non-agricultural population, per capita GDP, per capita retail sales of social consumer goods and the number per million people own a mobile phone are the most relevant factors of urbanization level, meanwhile, natural population growth rate and the number of students per million people in the school are negatively correlated with urbanization level.

Key words: artificial neural network; urbanization level; county areas; Gansu Province