

山东省农村居民点用地的时空变化特征及聚类分析

刘芳<sup>1</sup>, 张增祥<sup>1</sup>, 赵晓丽<sup>1</sup>, 胡顺光<sup>1,2</sup>  
(1. 中国科学院遥感应应用研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 利用遥感与 GIS 技术,从结构特征、形态特征、空间散布特征以及变化强度特征 4 个角度,分析山东省农村居民点用地 20 世纪 80 年代(记作 1980s)至 2005 年间的时空变化特征。选择表征农村居民点时空变化特征的 5 项指标,即面积比例变化值、双向动态模型变化值、相对于全省的变化率、聚集度变化值及稳定性差异值,利用系统聚类法将全省 17 个城市分为 3 类:德州、滨州为第一类,其结构变化最小;枣庄、泰安、菏泽为第二类,其结构变化最大;其余 12 个城市为第三类,农村居民点用地动态变化速度均处于中等水平,聚集度变化最小。

**关键词:** 农村居民点用地; 结构特征; 形态特征; 空间散布特征; 变化强度特征; 聚类分析  
**中图分类号:** TP 79   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1001-070X(2010)03-0101-07

0 引言

农村居民点用地是我国农村土地利用的重要组成部分,其变动映射了农村社会的发展变化历程。随着城市化进程的不断加快,大量农村居民点用地被扩展的城市用地占用,加剧了农村居民点用地的动态变化。陈思明以 1996~2005 年漳州市的土地利用变更调查数据和经济发展数据为依据,利用 GIS 空间分析功能,对该市农村居民点用地时空演变及驱动因素进行分析<sup>[1]</sup>;刘英以临澧县为例,基于 GIS 技术对该县农村居民点用地时空特征进行分析<sup>[2]</sup>;田光进分析了各自然区农村居民点用地及其动态变化情况<sup>[3]</sup>。

本文以山东省为例,基于遥感与 GIS 技术,从土地的结构特征、形态特征、空间散布特征及变化强度特征 4 个角度分析山东省农村居民点用地的时空变化特征,探讨全省 17 个地级市农村居民点用地时空变化特征的分异性,并对 17 个城市进行聚类分析。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区概况

山东省是一农业大省,位于中国东部沿海、黄河下游,介于华北、华东之间,地处北纬 34°23'~38°24',东经 114°48'~122°42'之间,是中国沿海地区南北交通要塞。全省面积 15 万余 km<sup>2</sup>,辖济南、青岛

等 17 个地级市,人口 9 079 万。境内以平原和山地丘陵地形为主,中部高四周低,属于暖温带季风型气候,交通便利,资源丰富。

1.2 数据来源

卫星遥感数据完全覆盖山东省共需 14 景 TM/ETM<sup>+</sup> 数据(图 1)。

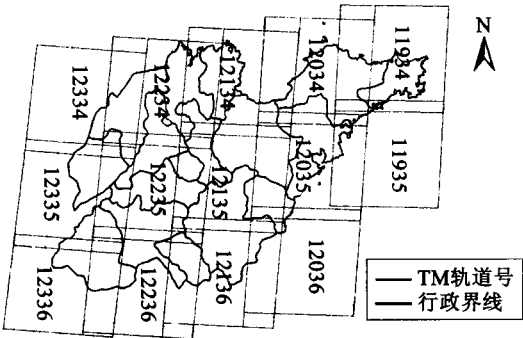


图 1 覆盖山东省的 TM/ETM<sup>+</sup> 轨道号  
Fig.1 TM/ETM<sup>+</sup> orbit NO. covering Shandong province

20 世纪 80 年代覆盖山东省全省的数据均为 TM 数据,获取时间范围为 1986~1988 年;2005 年共有 10 景 TM/ETM<sup>+</sup> 数据覆盖山东省,未覆盖到的地方用当年的中巴星 CCD 多光谱数据(分辨率为 19.5 m)补充覆盖。

按照中国科学院土地利用时空数据库采用的分类系统,将土地利用类型分为 6 个一级类、25 个二级类。其中农村居民点用地属于二级类,与城镇用地、工交建设用地均从属于一级类——城乡、工矿、居民用地类型。

收稿日期: 2009-11-17; 修订日期: 2010-01-04  
基金项目: 中国发展研究基金会“不同城市化水平的城市扩展定量研究”课题; 中国科学院知识创新工程重大项目“耕地保育与持续高效现代农业试点工程”(编号: KSCX-YW-09)。

首先对 1980s 和 2005 年数据进行辐射校正,并以 1:10 万地形图为标准,对遥感影像进行几何精度纠正<sup>[4,5]</sup>;然后,利用目视解译方法提取 1980s 的农村居民点用地,通过人机交互方法对比分析农村居民点用地在 1980s 与 2005 年图像上的差异,勾绘变化图斑边界,标注变化图斑编码,并将变化图斑及编码、1980s 与 2005 年山东省农村居民点用地以矢量格式导出,在 ArcGIS 9.0 中进行图形编辑,得到 2005 年山东省农村居民点用地现状图;最后,采用外业实地核查和室内重复作业复查相结合的方式对 2005 年土地利用现状进行质量检查,各种土地利用类型的精度要求均在 90% 以上,建立相应的农村居民点用地数据库,并利用 ARC/INFO 对其进行分析计算<sup>[6]</sup>。

2 研究方法与技术流程

首先,对山东省 17 个城市的农村居民点用地的结构特征进行分析,提取出聚类分析所需的指标  $X_1$ ;然后,选取双向动态模型、相对变化率定量分析各市农村居民点用地的动态变化速度、相对于山东全省的变化情况,并提取后面聚类分析所需的指标  $X_2$  和  $X_3$ ;利用聚集度分析 17 个城市农村居民点用地的空间散布特征,并提取出各市农村居民点用地的聚集度变化值作为聚类分析的指标  $X_4$ ;利用分形理论分析各市农村居民点用地的形态特征,并提取出 1980s~2005 年各市农村居民点用地的稳定性差异值作为聚类分析的指标  $X_5$ ;再依据山东省各市农村居民点用地的时空变化特征,利用指标  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ ,使用系统聚类分析法对山东省 17 个城市进行聚类分析;最后分析各类城市的时空变化特点(图 2)。

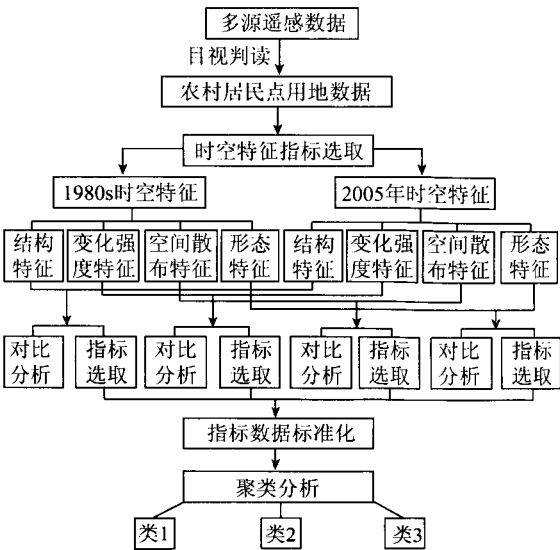


图 2 研究方法流程

Fig. 2 Flow chart of research method

3 时空变化特征分析

3.1 结构变化研究

山东省 17 个地级市的农村居民点用地的结构特征如下:

(1)1980s、2005 年莱芜市的农村居民点用地面积与其他城市相比最小,菏泽市最大;

(2)1980s、2005 年潍坊市农村居民点用地占所在城市总面积的比例最大,分别为 21.78%、23.05%,威海市则为最小,分别为 1.96%、2.10%,按照农村居民点用地占所在城市总面积的比例对 17 个城市进行降序排列发现,1980s、2005 年,滨州、枣庄、泰安、济南、烟市、日照 6 个城市的排序次序发生变化,其余 11 个城市不变;

(3)1980s~2005 年,滨州市农村居民点用地占所在城市的面积比例为负值,其余 16 个城市的均为正值,说明滨州市的农村居民点用地比例有所降低,其余各市均有所增加,其中潍坊市与菏泽市的农村居民点用地增幅最大,均增加了 1.27%,德州市的增幅最小,仅增加了 0.09%(表 1)。

表 1 各城市农村居民点用地结构  
Tab. 1 Land use structure of rural resident land of every city

| 城市<br>名称 | $CA^{T}/km^2$ |          | $P/\%$ |        | $P$ 变化<br>/% |
|----------|---------------|----------|--------|--------|--------------|
|          | 1980s         | 2005 年   | 1980s  | 2005 年 |              |
| 济南市      | 713.85        | 745.62   | 9.03   | 9.43   | 0.40         |
| 泰安市      | 689.28        | 771.34   | 9.02   | 10.10  | 1.08         |
| 青岛市      | 882.19        | 931.19   | 8.03   | 8.48   | 0.45         |
| 日照市      | 315.92        | 343.39   | 5.86   | 6.37   | 0.51         |
| 淄博市      | 499.39        | 509.67   | 8.36   | 8.53   | 0.17         |
| 莱芜市      | 140.57        | 146.05   | 6.81   | 7.07   | 0.26         |
| 枣庄市      | 424.03        | 476.83   | 9.32   | 10.49  | 1.17         |
| 临沂市      | 1 358.94      | 1 462.08 | 7.84   | 8.43   | 0.59         |
| 东营市      | 469.34        | 505.40   | 7.11   | 7.66   | 0.55         |
| 德州市      | 1 280.48      | 1 288.88 | 13.11  | 13.20  | 0.09         |
| 烟台市      | 844.19        | 879.93   | 6.03   | 6.28   | 0.25         |
| 聊城市      | 1 092.21      | 1 173.26 | 13.46  | 14.46  | 1.00         |
| 潍坊市      | 1 209.73      | 1 280.42 | 21.78  | 23.05  | 1.27         |
| 滨州市      | 826.97        | 824.72   | 9.83   | 9.80   | -0.03        |
| 威海市      | 304.33        | 325.34   | 1.96   | 2.10   | 0.14         |
| 菏泽市      | 1 730.35      | 1 884.90 | 14.17  | 15.44  | 1.27         |
| 济宁市      | 1 110.62      | 1 182.18 | 9.88   | 10.51  | 0.63         |

①  $CA$  为农村居民点用地的面积;  $P$  为农村居民点用地占所在城市总面积的比例。

3.2 变化强度

3.2.1 双向动态模型

在测算农村居民点用地的动态变化速度时,将其在监测期间的新增部分,即由其他土地利用类型从其他空间区位上转变为农村居民点用地的部分

图4 山东省各市农村居民点用地的相对变化率  
Fig.4 Relative change rate of rural resident land of every city in Shandong province

3.3 空间散布特点

选取聚集度指数来测度山东省 17 个城市的空间散布特点,即

$$AI = [ \sum_{i=1}^m ( \frac{g_{ii}}{\max(g_{ii})} ) ] \times 100 \tag{5}$$

式中, AI 为聚集度指数,单位为%;  $g_{ii}$ 为类型斑块像元毗邻的数量;  $\max(g_{ii})$ 为  $i$  类型斑块像元可能毗邻的最大数量。聚集度指数反映了农村居民点用地的聚集程度,其值越大,聚集程度越大。

山东省各市农村居民点用地的聚集度如图 5 所示,从中可以看出,1980s、2005 年的最大聚集度指数均出现在东营市,分别为 80.08、80.98,说明东营市农村居民点用地斑块分布最为紧凑、聚集程度最大;最小值均出现在威海市,分别为66.50、68.16,

说明威海市农村居民点用地斑块分布最为分散。1980s 至 2005 年,滨州、德州两个城市的聚集度指数有所降低,其中德州市的降低了 2.28,降低幅度最大;其余各市聚集度指数均有所增加,表明各市农村居民点用地的分布情况更加紧凑,其中枣庄市的农村居民点用地的聚集度指数增幅最大,增加了 1.72。

3.4 形态特征分异研究

分形理论主要用来研究被传统几何认为是病态的、不予理睬的那些不够光滑和不够规则的几何函数。农村居民点用地是一种在自然和人类双重作用下的产物,其形成具有自发性,在遥感影像上表征出的图斑形状不够规则、不够光滑。可以用分形方法进行探讨,寻找适合于农村居民点用地的分维公式,用分数维来定量研究其形态特征。分数维的计算公式为<sup>[8-13]</sup>

$$\ln A(r) = (2/D) \ln P(r) + C \tag{6}$$

式中,  $A(r)$  为农村居民点用地的图斑面积;  $P(r)$  为对应图斑的周长;  $D$  为待求分维数,其值介于 1 到 2 之间;  $C$  为常数。

分别对 1980s、2005 年各城市农村居民点用地的斑块面积与周长进行自然对数的拟合,拟合直线的斜率除 2 即为所求分维数  $D$ 。表 2 为 17 个城市农村居民点用地的斑块面积与周长进行自然对数的拟合公式及检验情况。

图 5 山东省各市农村居民点用地的聚集度  
Fig.5 Aggregation value of rural resident land of every city in Shandong province

表 2 农村居民点用地的斑块面积与周长的自然对数拟合公式

| 城市名称 | 1980s                         |          |             | 2005 年                        |          |             |
|------|-------------------------------|----------|-------------|-------------------------------|----------|-------------|
|      | 公式                            | $R^2$ 检验 | $F$ 检验      | 公式                            | $R^2$ 检验 | $F$ 检验      |
| 济南   | $\ln A = 1.598 \ln P - 9.359$ | 0.947    | 60 642.560  | $\ln A = 1.568 \ln P - 9.144$ | 0.945    | 58 036.330  |
| 青岛   | $\ln A = 1.657 \ln P - 9.782$ | 0.955    | 13 865.700  | $\ln A = 1.638 \ln P - 9.642$ | 0.955    | 14 222.090  |
| 淄博   | $\ln A = 1.582 \ln P - 9.268$ | 0.948    | 39 391.230  | $\ln A = 1.596 \ln P - 9.370$ | 0.951    | 41 599.060  |
| 枣庄   | $\ln A = 1.590 \ln P - 9.344$ | 0.951    | 45 160.650  | $\ln A = 1.594 \ln P - 9.365$ | 0.955    | 49 498.900  |
| 东营   | $\ln A = 1.529 \ln P - 8.821$ | 0.935    | 17 558.010  | $\ln A = 1.526 \ln P - 8.811$ | 0.938    | 18 360.230  |
| 烟台   | $\ln A = 1.597 \ln P - 9.392$ | 0.948    | 91 487.190  | $\ln A = 1.594 \ln P - 9.367$ | 0.947    | 90 424.130  |
| 潍坊   | $\ln A = 1.648 \ln P - 9.745$ | 0.955    | 101 037.600 | $\ln A = 1.641 \ln P - 9.689$ | 0.955    | 102 081.800 |
| 威海   | $\ln A = 1.538 \ln P - 9.061$ | 0.950    | 617.781     | $\ln A = 1.520 \ln P - 8.922$ | 0.951    | 1 006.651   |
| 济宁   | $\ln A = 1.624 \ln P - 9.554$ | 0.951    | 11 274.370  | $\ln A = 1.601 \ln P - 9.386$ | 0.952    | 13 454.790  |
| 泰安   | $\ln A = 1.617 \ln P - 9.537$ | 0.949    | 3 277.536   | $\ln A = 1.607 \ln P - 9.459$ | 0.953    | 4 320.342   |
| 日照   | $\ln A = 1.630 \ln P - 9.635$ | 0.948    | 42 800.170  | $\ln A = 1.611 \ln P - 9.496$ | 0.948    | 43 283.020  |
| 莱芜   | $\ln A = 1.570 \ln P - 9.141$ | 0.946    | 11 656.670  | $\ln A = 1.569 \ln P - 9.132$ | 0.948    | 12 295.250  |
| 临沂   | $\ln A = 1.658 \ln P - 9.839$ | 0.950    | 151 028.700 | $\ln A = 1.642 \ln P - 9.723$ | 0.951    | 154 276.300 |
| 德州   | $\ln A = 1.605 \ln P - 9.387$ | 0.947    | 97 181.070  | $\ln A = 1.510 \ln P - 8.722$ | 0.937    | 88 075.230  |
| 聊城   | $\ln A = 1.620 \ln P - 9.484$ | 0.943    | 19 118.160  | $\ln A = 1.572 \ln P - 9.128$ | 0.944    | 21 920.490  |
| 滨州   | $\ln A = 1.615 \ln P - 9.468$ | 0.955    | 77 258.310  | $\ln A = 1.514 \ln P - 8.745$ | 0.937    | 55 061.000  |
| 菏泽   | $\ln A = 1.622 \ln P - 9.515$ | 0.952    | 3 826.402   | $\ln A = 1.612 \ln P - 9.438$ | 0.956    | 5 908.975   |

图 6 以济南、滨州两市为例,对 1980s、2005 年的农村居民点用地的斑块面积与周长进行的拟合。

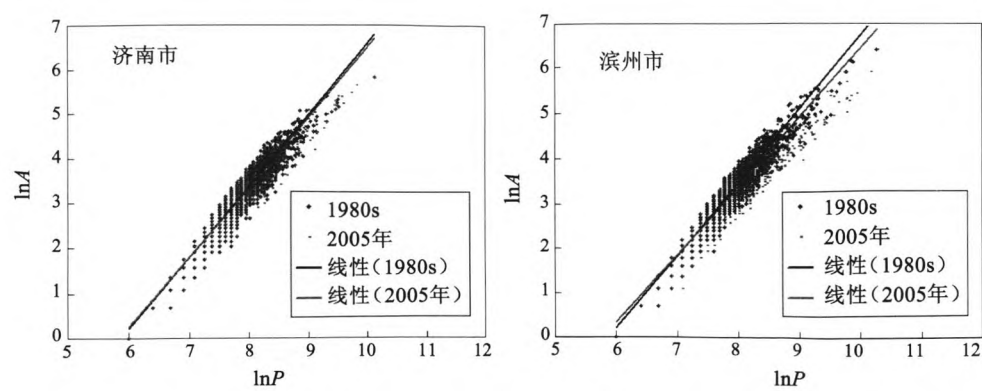


图6 农村居民点用地的斑块面积与周长进行自然对数的拟合

Fig.6 Fitting chart of the natural logarithm of patch area and perimeter for the rural resident land

不同时间各城市农村居民点用地的分维值( $D$ )表征了其扩张情况: $D$ 值增大表明某一城市农村居民点用地扩张;反之,则缩小。当 $D = 1.5$ 时,农村居民点用地出于布朗随机运动状态,稳定性最差。分维值越接近1.5,其农村居民点用地的稳定性越差;反之,则稳定性较强。因此引入稳定性指数 $K$ 来测度农村居民点用地的稳定性, $K$ 值越大表示农村居民点用地的稳定性越强;反之,稳定性越差。

$$K = |1.5 - D| \tag{7}$$

1980s,东营市的农村居民点用地的分维值最大,为1.308,对应的稳定性指数为0.192,说明1980s东营市的农村居民点用地形状最复杂、最不稳定;2005年德州市的农村居民点用地的形状最复杂、最不稳定,对应分维值、稳定性指数分别为1.324、0.176。相反,1980s、2005年临沂市的农村居民点用地分维值均最小,分别为1.206、1.218,农村居民点用地形状最简单、最稳定。1980s~2005年间,淄博、枣庄两市农村居民点用地的分维值减小,表明两市农村居民点用地25 a内缩小;相反,其余15市农村居民点用地的分维值均有所增加,且都在向 $D = 1.5$ 靠近,表明这15个城市相应的农村居民点用地25 a内有所扩张且农村居民点用地变得不稳定,形状变得越复杂。其中滨州市的分维值增加最大,表明滨州市农村居民点用地相对扩张最大。

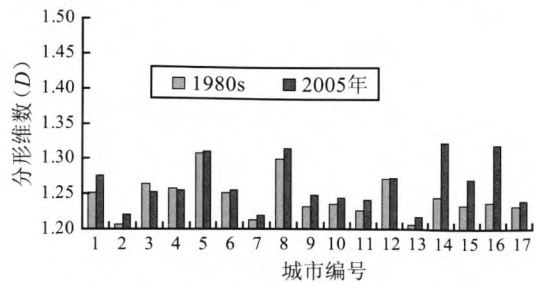


图7 各市农村居民点用地的分形维数

Fig.7 Fractal dimension value of every city in Shandong province

4 聚类分析

选取系统聚类法对山东省17个地级市的农村居民点用地分布状况进行Q型聚类分析<sup>[14-19]</sup>。具体步骤如下:

(1)聚类指标的选取。在遵循综合性、全面性、可操作性、直观性和科学性等原则的基础上,分别由数量特征、形态特征、空间散布特征、流向特征4个特征的度量指标中选取5项具有代表性的影响农村居民点用时空变化特征差异的指标,对山东省17个地级市的农村居民点用地的空间分布差异进行综合性、定量化的聚类分析。这5项指标分别为1980s~2005年间各城市农村居民点用地占所属城市的面积比例的变化值( $X_1$ )、各市农村居民点用地的双向动态模型变化值( $X_2$ )、各市农村居民点用地的相对于全省的变化率( $X_3$ )、各市农村居民点用地的聚集度变化值( $X_4$ )、各市农村居民点用地的稳定性差异值( $X_5$ )(表3)。

| 表3 聚类分析指标原始值                                           |        |       |       |        |        |
|--------------------------------------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Tab.3 Original value of indices of clustering analysis |        |       |       |        |        |
| 城市名称                                                   | $X_1$  | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$  | $X_5$  |
| 济南市                                                    | 0.250  | 1.117 | 1.017 | 0.580  | -0.003 |
| 青岛市                                                    | 0.590  | 0.524 | 0.986 | 0.998  | -0.012 |
| 淄博市                                                    | -0.030 | 1.339 | 1.053 | -1.347 | -0.083 |
| 枣庄市                                                    | 0.090  | 1.829 | 1.063 | -2.289 | -0.078 |
| 东营市                                                    | 0.170  | 0.917 | 1.039 | 0.530  | 0.011  |
| 烟台市                                                    | 0.140  | 1.447 | 0.992 | 1.659  | -0.016 |
| 潍坊市                                                    | 1.080  | 0.678 | 0.948 | 1.707  | -0.008 |
| 威海市                                                    | 1.270  | 0.525 | 0.973 | 1.414  | -0.008 |
| 济宁市                                                    | 1.270  | 1.193 | 1.002 | 0.674  | -0.006 |
| 泰安市                                                    | 1.170  | 0.655 | 0.943 | 1.725  | 0.003  |
| 日照市                                                    | 1.000  | 0.944 | 0.987 | 0.482  | -0.038 |
| 莱芜市                                                    | 0.630  | 0.465 | 0.996 | 0.782  | -0.018 |
| 临沂市                                                    | 0.260  | 0.628 | 1.021 | 0.484  | -0.001 |
| 德州市                                                    | 0.450  | 1.140 | 1.005 | 0.767  | -0.014 |
| 聊城市                                                    | 0.510  | 0.682 | 0.976 | 1.126  | -0.015 |
| 滨州市                                                    | 0.400  | 1.136 | 1.015 | 0.022  | -0.025 |
| 菏泽市                                                    | 0.550  | 1.085 | 0.985 | 0.899  | -0.002 |

(2)对以上 5 项指标的取值求绝对值,进而用标准差标准化方法对山东省 17 个地级市的 7 项指标的原始数据进行处理。

(3)采用欧式距离测度 17 个市之间的样本间距离  $\{d_{ij}\} (i, j = 1, 2, \dots, 17)$ 。

(4)构造 17 个类,每个类只包含一个样本。

(5)选取组平均法计算类间的距离,合并距离最近的两类为一新类。

(6)计算新类于当前各类的距离,若类的个数等于 1 转到步骤(7),否则回到步骤(5)。

(7)决定类的个数和类。

考虑到类间距离,将 17 个地级市分为 3 类,3 类城市的特点分别如下:

第一类城市,包括德州、滨州。对应的  $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  的绝对值取值在 3 类城市中均取最大值,其中  $X_2$ 、 $X_3$  取负值; $X_1$  的取值则为绝对值最小。说明:①1980s~2005 年,德州、滨州二市农村居民点用地的稳定性变化、相对于全省的变化率、用地的动态变化速度、聚集度变化均最大。其中稳定性变化、聚集度变化取负值,说明第一类城市的农村居民点用地斑块形态越来越不规则、破碎性越来越高。②1980s~2005 年,德州、滨州二市农村居民点用地的结构变化最小。

第二类城市,包括枣庄、泰安、菏泽。3 个城市对应的指标  $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_5$  的取值在 3 类城市中均为最小。说明 1980s~2005 年,德州、滨州二市农村居民点用地的稳定性变化、相对于全省的变化率、用地的动态变化速度均最小。 $X_1$  的取值则为绝对值最大,说明枣庄、泰安、菏泽 3 市农村居民点用地的结构变化最大。 $X_4$  的取值介于第一类城市与第三类城市之间,说明这 3 个城市的农村居民点用地形态变化及对应斑块的空间聚集度变化介于第一、三类城市之间。

第三类城市,包括济南市、青岛市、淄博市、东营市、烟台市、潍坊市、济宁市、日照市、莱芜市、临沂市、聊城市和威海市。第三类城市对应的指标  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_5$  的取值均介于第一、二类城市之间,说明其农村居民点用地的结构变化、稳定性变化、相对于全省的变化率、用地的动态变化速度均处于中等水平。 $X_4$  的取值在 3 类城市中最小,表明第三类城市的农村居民点用地聚集度变化最小。

## 5 结论

利用遥感与 GIS 技术,从结构特征、形态特征、空间散布特征、变化强度特征 4 个角度分析山东省

农村居民点用地的 1980s~2005 年间时空变化特征。结果表明:山东省 17 个地级市的农村居民点用地在各城市中的占地比例明显有异;1980s~2005 年间,除临沂市、泰安市、枣庄市新增农村居民点用地大部分来源于城镇用地空间位置的转移外,其余 14 个城市的新增农村居民点用地面积大部分来源于对耕地的占用;相对于全省农村居民点用地的变化来说,枣庄市的相对变化率最小,德州市的最大;1980s~2005 年间,除滨州、德州两个城市外,其余 15 个城市的农村居民点用地分布更加紧凑;大多数城市的形态向不稳定的趋势发展;依据农村居民点用地的时空变化特征,选取系统聚类法对山东省 17 个地级市进行 Q 型聚类分析,最终将山东省 17 个地级市分为 3 类。

本文综合利用多个表征农村居民点用地时空变化指标对 17 个城市进行分类,分类结果通过聚类谱系图直观的、清楚地表现出来,所得到的分类结果比传统分类方法更客观、细致、合理、全面。

## 参考文献:

- [1] 陈思明,吴 景. 基于 GIS 的农村居民点用地动态变化分析[J]. 国土资源科技管理, 2008, 25(4): 17-21.
- [2] 刘 英. 基于 GIS 的农村居民点用地时空特征及其优化布局研究——以湖南临澧县为例[J]. 国土与自然资源研究, 2008(4): 35-36.
- [3] 田光进. 基于 GIS 的中国农村居民点用地分析[J]. 应用技术, 2003(2): 32-35.
- [4] 牟凤云,张增祥,刘 斌,等. 济南市二十五年城市建成区的空间扩展遥感监测[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2008, 39(1): 73-79.
- [5] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学出版社, 1996.
- [6] 田光进,刘纪远,张增祥. 基于遥感与 GIS 的中国农村居民点规模分布特征[J]. 遥感学报, 2002, 6(4): 307-312.
- [7] 韦素琼,陈建飞. 土地利用变化趋于对比研究——以闽台为例[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [8] 陈彦光,罗 静. 城市形态的分维变化特征及其对城市规划的启示[J]. 城市发展研究, 2006, 13(5): 35-40.
- [9] 杨 山. 发达地区城乡聚落形态的信息提取与分型研究——以无锡市为例[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 671-678.
- [10] 陈红宇,胡曰利,胡晓英,等. 城市化进程中的农村居民点用地变化分析——以广州市为例[J]. 中国农学通报, 2005, 21(2): 300-303.
- [11] Falconer K J. Fractal Geometry, Mathematical Foundations and Applications [M]. Wiley John & Sons, Incorporated, 1990.
- [12] 刘纯平,陈宁强,夏德深. 土地利用类型的分数维分析[J]. 遥感学报, 2003, 7(2): 136-140.
- [13] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 宝 音,包玉海. 北方农牧林交错带土地利用区的分析与评价——以科尔沁右翼前旗为例[J]. 地理科学, 1996, 16(4):

377-380.

[15] 何晓群. 现代统计分析方法与应用[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2003.

[16] 潘竞虎, 刘普幸. 黑河下游土地利用与景观格局时空特征分析[J]. 国土资源遥感, 2008(2):84-86.

[17] 李治, 李国平. 中国城市空间扩展影响因素的实证研究[J].

同济大学学报(社会科学版), 2008, 19(6):30-35.

[18] 史文利, 高天宝, 王树恩. 基于主成分分析与聚类分析的城市化水平综合评价[J]. 工业工程, 2008, 11(3):112-115.

[19] 廖邦固, 徐建刚, 宣国富, 等. 1947-2000年上海中心城区居住空间结构演变[J]. 地理学报, 2008, 63(2):195-205.

## Spatial – Temporal Change Characteristics and Cluster Analysis of Rural Settlements in Shandong Province

LIU Fang<sup>1</sup>, ZHANG Zeng-xiang<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-li<sup>1</sup>, HU Shun-guang<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** With remote sensing and GIS technology, the spatial – temporal characteristics of rural settlements of Shandong Province during the period of 1980s – 2005 were analyzed from the aspects of structure, morphology, spatial scattering and change intensity. Five indices were chosen, which indicated the change value of the area proportion, bi – directional change value, relative change rate, the change of aggregation value and the stability change of rural settlements of every city in Shandong Province respectively. Based on these indices, 17 cities in Shandong Province were classified into 3 classes quantitatively and objectively by using the hierarchical cluster method. The first class includes Dezhou City and Binzhou City, which have the maximum stability change value, the highest relative change rate, the fast dynamic change speed, the biggest aggregation change value and the smallest structure change value. The second class includes Zaozhuang City, Tai'an City and Heze City, which have the minimum stability change value, the lowest relative change rate, the slowest dynamic change speed and the biggest structure change value, and the middle – level morphological and aggregation change value. The other 12 cities belong to the third class, characterized by the middle – level rural resident land structure change value, stability change, relative change rate and dynamic change speed, and the minimum aggregation change value.

**Key words:** Rural settlements; Structural characteristics; Morphologic characteristics; Spatial scattering characteristics; Change intensity characteristics; Cluster analysis

第一作者简介: 刘芳(1983-),女,主要从事遥感图像处理、国土资源遥感、土地利用/土地覆盖等方面的研究。

(责任编辑: 李瑜)