

doi: 10.6046/gtzyyg.2018.02.17

引用格式: 桑潇,国巧真,潘应阳,等. 基于 TM 和 OLI 数据山西省潞城市土地利用动态变化分析与预测[J]. 国土资源遥感, 2018,30(2): 125-131. (Sang X, Guo Q Z, Pan Y Y, et al. Research on land use dynamic change and prediction in Lucheng City of Shanxi Province based on TM and OLI[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2018,30(2):125-131.)

# 基于 TM 和 OLI 数据山西省潞城市土地利用动态变化分析与预测

桑 潇, 国巧真, 潘应阳, 付 盈  
(天津城建大学地质与测绘学院, 天津 300384)

**摘要:** 以 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年 4 期 TM 影像与 2015 年 OLI 影像为数据源,首先采用决策树分类算法(classification and regression tree, CART),提取山西省潞城市的土地利用信息,并进行精度评价;其次,利用土地利用变化幅度、单一土地利用动态度和土地利用程度变化综合指数等分析其土地利用的动态变化情况;然后,利用前 4 期数据预测 2015 年居民地面积,并与实际数据对比,验证 GM(1,1)模型有效性;最后,利用 GM(1,1)模型预测 2020 年的土地利用类型情况。研究结果表明,研究区土地利用动态变化情况中,林地与居民地面积增加,耕地与未利用地面积减少,水域基本保持不变;开发利用程度属于中等;土地利用结构基本保持不变;2020 年研究区内耕地面积预测值为 22 759.32 hm<sup>2</sup>,居民地面积预测值为 8 854.76 hm<sup>2</sup>。

**关键词:** TM; OLI; CART; 土地利用动态变化; GM(1,1)

**中图法分类号:** TP 79   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1001-070X(2018)02-0125-07

## 0 引言

土地利用直观地记录了被人类改变的地球表面特征的空间格局。人类的生存生产等活动依存于土地,人类长久发展的前提是土地资源的合理利用。土地利用研究的目的是了解土地利用在研究区域范围内的连续变化,能直观地表明人与环境的相互关系。从全球变化的角度看,主要研究的是土地利用和土地覆盖变化(land use and land cover change, LUCC)对全球气候等变化的影响<sup>[1]</sup>。从区域研究的角度看,主要研究的是 LUCC 对区域经济的可持续发展作用<sup>[2]</sup>。

目前对于土地利用的研究已经应用在各种不同的领域,如环境评估、土地资源管理规划、历史遗迹保护和大气污染等<sup>[3-8]</sup>。随着现代科学技术的发展,LUCC 研究可以借助许多新兴的技术,如 GIS 技术、RS 技术和计算机技术等。通过各种技术与资源的结合不仅扩大了土地资源变化研究的深度与广度,同时建立了适应各种不同地区的模型,进而提高

了研究的精确度,为土地等资源的可持续利用提供理论与技术上的支持<sup>[9-14]</sup>。

本文以山西省潞城市为研究区,基于 RS 与 GIS 技术,利用 1995—2015 年间 5 期遥感影像数据对研究区 20 a 间的土地利用动态变化情况进行分析研究,并采用灰度预测法 GM(1,1)模型对 2020 年的土地利用情况进行预测,进而为该区的可持续发展提供依据。

## 1 研究区概况及数据源

潞城市位于山西省的东南部,太行山西麓,地理坐标在 E112°59'36"~113°25'40",N36°14'00"~36°29'30"之间。作为国家园林城市、国家卫生城市及山西省造林绿化先进市,研究区历史悠久、自然资源丰富。

本文所用的数据为山西省潞城市 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年 4 期 TM 影像、2015 年 OLI 影像、行政区划图以及其他文字资料。

收稿日期: 2016-09-19; 修订日期: 2016-11-25

基金项目: 天津市自然科学基金项目“天津滨海新区地表水环境信息遥感提取与评价方法研究”(编号: 13JCQNJC08600)、“基于变化轨迹方法的滨海湿地流失累积效应研究”(编号: 15JCYBJC23500)和国家自然科学基金重点项目“京津唐地区景观格局演变与生态用地流失特征”(编号: 41230633)共同资助。

第一作者: 桑 潇(1993-),女,硕士研究生,研究方向为资源与环境遥感监测。Email: sangxiao1993@126.com。

通信作者: 国巧真(1979-),女,副教授,博士,研究方向为资源与环境遥感监测。Email: gqiaozhen@tcu.edu.cn。

2 数据预处理

利用行政边界矢量数据对遥感影像进行裁剪,提取出研究区范围。根据土地分类系统原则与潞城市的区域特点将研究区内的土地利用类型分为 5 类:林地、耕地、居民地、水域及未利用地。采用决策树分类算法(classification and regression tree, CART)进行分类,提取土地利用信息,并对已分类的图像进行后处理得到最终的结果。

CART 算法是把数据集中最小的 Gini 值作为节点将数据集分为 2 个子数据集,最后根据验证数据进行剪枝。Gini 指数<sup>[15]</sup>是判断收入分配公平程度的指标,也被用来度量任何不均匀分布,其范围在[0,1]之间,值越小说明数据对象为同一类的概率越高。所以,基于 CART 获取规则的决策树是结构简单的二叉树。CART 算法不适用于有多个离散特征的情况,因此若要使用此方法,最好先将离散特征

取值缩减。基于 CART 获取规则的决策树分类法的步骤为:①构建多源数据集,包括:Landsat5 TM 和 Landsat8 OLI 影像的多光谱波段、归一化差值植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)和迭代自组织数据分析技术(iterative self-organizing data analysis technique, ISODATA)非监督分类结果;②获取规则,通过选择训练样本获取规则;③土地覆盖信息提取,在 Decision Tree 中选择决策树 txt 文件,提取出土地覆盖信息。最终分类结果如图 1 所示。对结果进行精度评定,评价结果如表 1 所示。从图 1 和表 1 中可以看出,分类结果可以满足本文对数据质量的精度要求。

表 1 分类结果精度

Tab. 1 Classification results accuracy					
精度评价指标	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
分类精度/%	93.00	94.00	95.00	92.00	97.00
Kappa 系数	0.88	0.90	0.92	0.87	0.95

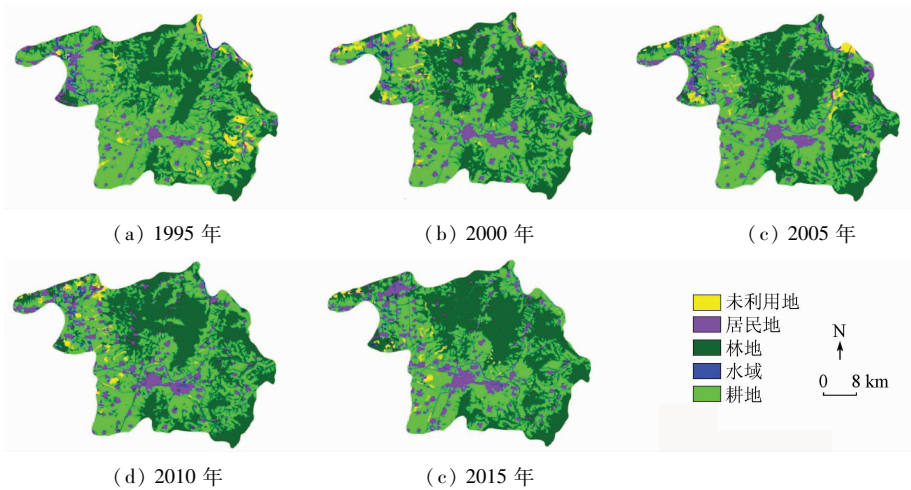


图 1 潞城市土地利用分类结果

Fig. 1 Land use classification results of Lucheng City

3 土地利用动态变化分析

研究区总面积为 61 235.77 hm<sup>2</sup>,其在 1995 年、

2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 5 个时期各类土地利用类型面积的大小及其对于研究区总面积的占比情况如表 2 所示。

表 2 潞城市各类土地利用类型面积及占比

Tab. 2 Area and ratio change of land use types of Lucheng City

年份	林地		耕地		居民地		水域		未利用地	
	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%
1995 年	23 301.90	38.05	29 464.50	48.12	5 629.86	9.19	446.95	0.73	2 392.56	3.91
2000 年	24 295.00	39.68	27 790.70	45.38	6 632.28	10.83	445.41	0.73	2 072.38	3.38
2005 年	25 610.20	41.82	26 294.70	42.94	7 116.24	11.62	449.73	0.74	1 764.90	2.88
2010 年	26 736.70	43.66	24 948.20	40.74	7 626.96	12.46	454.66	0.74	1 469.25	2.40
2015 年	27 471.00	44.86	24 046.30	39.27	8 256.78	13.48	420.93	0.69	1 040.76	1.70

由表 2 可知,林地和耕地是研究区主要土地利用类型,约占研究区总面积的 85%。耕地占地面积最大,主要分布在西部与南部;其次是林地,主要在研究区东南部和北部地区;居民地主要集中在中南

部与西北部。在 1995—2015 年的 20 a 间,耕地面积变化最大,约减少了 10%;水域面积基本保持不变;林地面积有少量持续增加;未利用地面积逐期减少;居民地面积不断增加。

3.1 土地利用变化量

3.1.1 土地利用变化幅度

土地利用变化幅度为土地利用类别面积的变化<sup>[9]</sup>,即

$$S = \frac{U_j - U_i}{U_i} \quad , \quad (1)$$

式中: S 为研究区某一土地利用类型的土地利用变

化幅度,正值表示增加的幅度,负值表示减少的幅度;  $U_i$ 和  $U_j$ 分别表示研究初期和研究末期的某一土地利用类型面积。

把研究区 1995—2015 年间土地利用类别的面积导入式(1)中进行计算,可以得到研究区 1995—2015 年每 5 a 间的土地利用类型的变化幅度,其结果见表 3。

表 3 潞城市 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年土地利用变化幅度  
Tab.3 Extent of land use change of Lucheng City in 1995, 2000, 2005, 2000, 2015

土地利用类型	1995—2000 年		2000—2005 年		2005—2010 年		2010—2015 年	
	变化面积/hm <sup>2</sup>	变化幅度/%	变化面积/hm <sup>2</sup>	变化幅度/%	变化面积/hm <sup>2</sup>	变化幅度/%	变化面积/hm <sup>2</sup>	变化幅度/%
林地	993.10	4.26	1 315.20	5.41	1 126.50	4.40	734.30	2.75
耕地	-1 673.80	-5.68	-1 496.00	-5.38	-1 346.50	-5.12	-901.90	-3.62
居民地	1 002.42	17.81	483.96	7.30	510.72	7.18	629.82	8.26
水域	-1.54	-0.34	4.32	0.97	4.93	1.10	-33.73	-7.42
未利用地	-320.18	-13.38	-307.48	-14.84	-295.65	-16.75	-428.49	-29.16

由表 3 可知,在 1995—2000 年 5 a 间,研究区土地利用类型中面积呈正增长的为林地和居民地 2 类,其中面积增加最多同时变化幅度最大的是居民地,增加面积为 1 002.42 hm<sup>2</sup>,增加幅度为 17.81%;土地利用类型中面积呈负增长的有耕地、水域和未利用地 3 类,耕地面积减少最多,为 1 673.80 hm<sup>2</sup>,水域面积虽有所减少但是幅度很小可忽略不计,而未利用地减少幅度最大,为 13.38%。在 2000—2005 年 5 a 间,研究区土地利用类型中面积呈正增长的有林地、居民地和水域 3 类,其中面积增加最多的是林地,为 1 315.20 hm<sup>2</sup>,增加幅度最大的是居民地,为 7.30%,水域面积虽有小幅增加但可忽略不计;土地利用类型中面积呈负增长的有耕地和未利用地 2 类,耕地面积减少最多,为 1 496.00 hm<sup>2</sup>,未利用地减少幅度最大,为 14.84%。在 2005—2010 年 5 a 间,研究区土地利用类型中面积呈正增长的有林地、居民地和水域 3 类,面积增加最多的是林地,为 1 126.50 hm<sup>2</sup>,增加幅度最大的是居民地,为 7.18%,水域面积虽有小幅增加但可忽略不

计;土地利用类型中面积呈负增长的有耕地和未利用地 2 类,面积减少最多的是耕地,为 1 346.50 hm<sup>2</sup>,减少幅度最大的是未利用地,为 16.75%。在 2010—2015 年 5 a 间,研究区土地利用类型中面积呈正增长的有林地和居民地 2 类,其中面积增加最多的是林地,为 734.30 hm<sup>2</sup>,增加幅度最大的是居民地,为 8.26%;土地利用类型中面积呈负增长的有耕地、水域和未利用地 3 类,其中面积减少最多的是耕地,为 901.90 hm<sup>2</sup>,减少幅度最大的是未利用地,为 29.16%。

3.1.2 单一土地利用动态度

单一土地利用动态度为研究区某一土地利用类型的年均变化情况<sup>[9]</sup>,即

$$K = S/T \quad , \quad (2)$$

式中: K 为研究区某一土地利用类型的单一土地利用动态度; T 为研究初期与末期的间隔年数。

将研究区 5 个年份的土地利用变化幅度导入式(2)中进行计算,得到研究期间潞城市的单一土地利用动态度,其结果见表 4。

表 4 潞城市 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年单一土地利用动态度  
Tab.4 Single land use dynamic degree of Lucheng City in 1995, 2000, 2005, 2000, 2015 (%)

土地利用类型	1995—2000 年	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2015 年	1995—2005 年	2000—2010 年	2005—2015 年	1995—2015 年
林地	0.85	1.08	0.88	0.54	0.99	1.01	0.73	0.89
耕地	-1.14	-1.08	-1.02	-0.72	-1.08	-1.02	-0.86	-0.92
居民地	3.56	1.46	1.44	1.66	2.64	1.50	1.60	2.33
水域	-0.07	0.19	0.22	-1.48	0.06	0.21	-0.64	-0.29
未利用地	-2.68	-2.97	-3.35	-5.84	-2.62	-2.91	-4.03	-2.83

根据表 4 对潞城市 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年的土地利用动态变化情况进行详细分析。近 20 a 间,潞城市林地面积有所增加,且其单一土地利用动态度始终为正,截止到 2015 年研

究区林地面积呈增加状态,且年均增长 0.89%;耕地面积有所减少,其单一土地利用动态度始终为负,截止到 2015 年研究区耕地面积呈减少状态,且年均减少 0.92%;居民地面积有所增加,其单一土地利

用动态始终为正,截止到 2015 年研究区居民地面积呈增加状态,年均增长 2.33%;水域面积有所减少,其单一土地利用动态有正有负,截止到 2015 年研究区水域面积呈减少状态,年均减少 0.29%;未利用地面积有所减少,其单一土地利用动态始终为负,截止到 2015 年研究区未利用地面积呈减少状态,年均减少 2.83%。

3.2 土地利用变化程度

土地的属性是人与自然的总体反应效果,体现了人类对土地利用的特点。本文结合土地利用现状分类标准(GB/T21010—2007)与研究区土地利用的特点以及人类对土地的开发利用程度将该研究区土地利用类型分为 4 个等级,见表 5。

表 5 土地利用类型分级指数

Tab.5 Land use type classification index

分级	城镇聚落用地级	农业用地级	林草水用地级	未利用地级
土地利用类型	居民地	耕地	林地、水域	未利用地
分级指数	4	3	2	1

土地利用程度变化综合指数为研究区内土地利用的程度<sup>[16]</sup>,即

$$L = 100 \sum_{i=1}^n A_i C_i \quad , \quad (3)$$

式中:  $L$  为研究区内土地利用程度变化的综合指数;  $A_i$  为第  $i$  类土地利用类别的分级指数;  $C_i$  为第  $i$  类土地利用类别的面积占比;  $n$  为土地利用类别总数。

把研究区 5 个年份的土地利用类别的面积占比与相应的分级指数带入式(3)中进行计算,得到研究期间研究区土地利用程度变化综合指数,其结果见表 6。

表 6 潞城市土地利用程度变化综合指数

Tab.6 Land use change composite index of Lucheng City

年份	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
综合指数	262.59	263.66	263.30	263.26	264.53

由表 6 可知,研究区土地利用程度在 1995—2015 年间无显著变化。从土地利用程度变化综合指数的范围(100~400)来看,潞城市的开发程度已达到中等程度,土地利用还有很大的发展空间,政府可以在可持续利用的前提下开发土地资源发展经济,提高居民的生活质量。

3.3 土地利用变化结构

通过研究区各土地利用类型的面积占比可以得到研究区土地利用结构情况,其结果如图 2 所示。

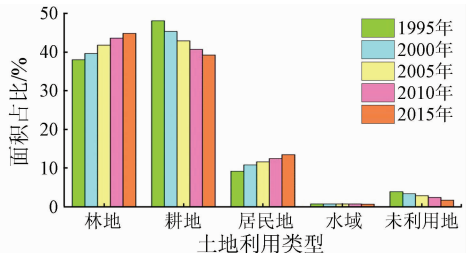


图 2 潞城市土地利用类型结构

Fig.2 Land use structure of Lucheng City

从类别角度分析数据,研究区面积占比最大的 2 类土地利用类型是林地与耕地,这 2 类在各时期所占研究区总面积均在 80% 以上;其次,居民地在各时期所占研究区总面积介于 9%~14% 之间;而其他各类在各时期所占研究区总面积都不足 5%。

从时间角度分析数据,①林地的变化在 1995—2015 年间面积占比逐渐增大,尤其在 2000—2005 年间的变化幅度最大,为 2.14%,2010—2015 年间的变化幅度最小,为 1.20%;②耕地的变化在 1995—2015 年间面积占比逐渐减少,在 1995—2000 年间的变化幅度最大,为 2.74%,2010—2015 年间的变化幅度最小,为 1.47%;③居民地的变化在 1995—2015 年间面积占比逐渐增大,在 1995—2000 年间的变化幅度最大,为 1.64%,2000—2005 年间的变化幅度最小,为 0.79%;④水域的变化在 1995—2015 年面积占比有增有减,最终呈减少趋势,在 2010—2015 年间的变化幅度最大,为 0.05%,在 1995—2000 年与 2005—2010 年间无变化,变化幅度为 0;⑤未利用地的变化在 1995—2015 年间面积占比逐渐减少,在 2010—2015 年间的变化幅度最大,为 0.70%,在 2005—2010 年间的变化幅度最小,为 0.48%。

4 土地利用预测

科学有效地对土地利用进行预测能够为研究区的可持续发展提供相应的技术支持<sup>[17]</sup>。灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。首先,通过关联分析来鉴别系统各因素之间的发展趋势的相异程度;然后,生成处理原始数据寻找出系统的变化规律,即生成一组具有较强规律性的数据序列;最后,通过建立相应的微分方程模型预测出事物未来的发展状况。

本文利用 GM(1,1)模型,首先利用 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年 4 期的遥感数据对研究区 2015 年的居民地面积进行预测并与实际数据进行对比,再利用 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 5 期的数据对研究区 2020 年的耕地与居

民地进行预测。

GM(1,1)模型中建立的微分方程为

$$X(t+1) = \left[ X(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-at} + \frac{b}{a}, \quad (4)$$

式中： $X(t+1)$ 表示预测年份的相应预测结果； $a$ 为发展系数,表示行为序列估计值的发展态势； $b$ 为灰色作用量,是从行为序列中挖掘出来的数据,反映了数据变化的关系。此模型使用均方差比值  $C$  与小误差概率  $P$  作为检验模型预测精度的标准。具体

$$X(t+1) = 91\,700.248\,281e^{0.069\,816t} - 86\,070.388\,281, \quad (5)$$

式中：参数  $a = -0.069\,816$ ； $b = 6\,009.080\,448$ 。

根据 GM(1,1)模型得到的式(5)对 2000 年、2005 年和 2010 年居民地拟合结果如表 8 所示。

表 8 2000 年、2005 年和 2010 年居民地拟合结果  
Tab.8 Fitting results for residential area in 2000,2005,2010

年份	观察值	拟合值	绝对误差	相对误差/%
2000 年	6 632.280 0	6 630.912 4	1.367 6	0.020 6
2005 年	7 116.240 0	7 110.398 6	5.841 4	0.082 1
2010 年	7 626.960 0	7 624.556 8	2.403 2	0.031 5

$$X(t+1) = -578\,846.731\,18e^{-0.049\,017t} + 608\,311.231\,118, \quad (6)$$

式中：参数  $a = 0.049\,017$ ； $b = 29\,817.656\,301$ 。

利用式(6)对 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年耕地拟合结果如表 9 所示。

表 9 2000 年、2005 年和 2010 年和 2015 年耕地拟合结果  
Tab.9 Fitting results for agriculture area in 2000,2005,2010,2015

年份	观察值	拟合值	绝对误差	相对误差/%
2000 年	27 790.700 0	27 689.225 1	101.474 9	0.365 1
2005 年	26 294.700 0	26 364.706 7	-70.006 7	-0.266 2
2010 年	24 948.200 0	25 103.546 7	-155.346 7	-0.622 7
2015 年	24 046.300 0	23 902.714 6	143.585 4	0.597 1

$$X(t+1) = 87\,488.284\,157e^{0.072\,892t} - 81\,858.424\,157, \quad (7)$$

式中：参数  $a = -0.072\,892$ ， $b = 5\,966.783\,952$ 。

利用式(7)对 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年居民地拟合结果如表 10 所示。

表 10 2000 年、2005 年和 2010 年和 2015 年居民地拟合结果  
Tab.10 Fitting results for residential area in 2000,2005,2010,2015

年份	观察值	拟合值	绝对误差	相对误差/%
2000 年	6 632.280 0	6 615.324 7	16.955 3	0.255 6
2005 年	7 116.240 0	7 115.534 7	0.705 3	0.009 9
2010 年	7 626.960 0	7 653.567 6	-26.607 6	-0.348 9
2015 年	8 256.780 0	8 232.283 2	24.496 8	0.296 7

评价结果： $C = 0.022\,0$ ， $P = 1.000\,0$ ，表明当前模型的评价效果很好。2020 年居民地面积的预测值为  $8\,854.757\,69\text{ hm}^2$ ，居民地持续增加的趋势保持不变。城镇化的加速发展使得更多的农村人口涌

指标如表 7 所示。

表 7 精度预测等级

Tab.7 Level of prediction accuracy				
精度评价指标	好	良	合格	不合格
$C$	$< 0.35$	$< 0.50$	$< 0.65$	$\geq 0.65$
$P$	$> 0.95$	$> 0.80$	$> 0.70$	$\leq 0.70$

4.1 2015 年土地利用预测

将研究区 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年 4 期的居民地面积带入 GM(1,1)模型中,得到

评价结果： $C = 0.002\,8$ ， $P = 1.000\,0$ ，表明当前模型的评价效果很好。计算得到 2015 年预测值为  $8\,175.894\,08\text{ hm}^2$ ，而实际面积为  $8\,256.78\text{ hm}^2$ ，相差  $80.885\,92\text{ hm}^2$ ，仅占总面积的  $0.013\,2\%$ ，误差很小，满足精度要求。

4.2 2020 年土地利用预测

4.2.1 耕地预测

将研究区 5 期的耕地面积数值带入 GM(1,1)模型中,得到

评价结果： $C = 0.062\,9$ ， $P = 1.000\,0$ ，表明当前模型的评价效果较好。2020 年耕地面积的预测值为  $22\,759.324\,45\text{ hm}^2$ ，耕地持续减少的趋势保持不变。由于城市有更多的就业机会、更好的教育资源和居住环境,这些因素使得大量的农村劳动力涌入城市,而缺乏劳动力的农村使得部分耕地退化为荒地,面积减少。

4.2.2 居民地预测

将研究区域 5 期的居民地面积数值带入 GM(1,1)模型中,得到

入城市,城市常住人口的增加使得城市不断扩张,居民地面积增加。

5 结论

1)1995—2015 年间,研究区林地和居民地所占用地逐渐增加,耕地和未利用地所占用地逐渐减少,水域所占用地基本保持不变。

2)1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年该区土地利用程度变化综合指数分别为  $262.59$ ， $263.66$ ， $263.30$ ， $263.26$  和  $264.53$ 。从土地利用程度变化综合指数的范围来看,研究区开发程度已达到中等水平,近 20 a 间研究区处于发展时期。

3)在土地利用结构方面,从类别角度看,林地与耕地是研究区 2 大土地利用类型;从时间角度看,截止到 2015 年研究区面积增加的有林地和居民地;面积减少的有耕地、水域和未利用地。

4)应用 GM(1,1)模型,采用 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年 4 期数据预测 2015 年居民地面积为 8 175.89 hm<sup>2</sup>,实际面积为 8 256.78 hm<sup>2</sup>,相差 80.89 hm<sup>2</sup>;应用该模型,采用 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 5 期数据预测 2020 年耕地面积为 22 759.32 hm<sup>2</sup>,居民地面积为 8 854.76 hm<sup>2</sup>。

参考文献 (References):

[1] 何美香. 县域土地利用动态变化研究——以山西省怀仁县为例[D]. 长沙:中南大学,2010.  
He M X. Study on Dynamic Change of County - Level Land Use: A Case Study of Huai ren Country in Shanxi Province[D]. Changsha: Central South University, 2010.

[2] Durieux L, Lagabrielle E, Nelson A. A method for monitoring building construction in urban sprawl areas using object - based analysis of SPOT5 images and existing GIS data[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2008, 63(4): 339 - 408.

[3] Sylla L, Xiong D, Zhang H Y, et al. A GIS technology and method to assess environmental problems from land use/cover changes: Conakry, Cote d'Ivoire and Dubreka region case study[J]. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 2012, 15(1): 31 - 38.

[4] Zhang Y J, Li A J, Fung T. Using GIS and multi - criteria decision analysis for conflict resolution in land use planning[J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 13: 2264 - 2273.

[5] Martine N. GIS and multi - criteria decision analysis for land use resource planning[J]. Journal of Geographic Information System, 2012, 4(4): 341 - 348.

[6] 朱晓强, 李满春, 金晓斌, 等. 土地利用规划在城市郊区历史遗迹保护中的应用——以无锡市新区为例[J]. 北京第二外国语学院学报, 2006(5): 43 - 46, 22.  
Zhu X Q, Li M C, Jin X B, et al. Application of land use planning in historic sites protection in urban fringe: Example the studies of the new district of Wuxi[J]. Journal Beijing International Studies University, 2006(5): 43 - 46, 22.

[7] 吴健生, 谢舞丹, 李嘉诚. 土地利用回归模型在大气污染时空分异研究中的应用[J]. 环境科学, 2016, 37(2): 413 - 419.  
Wu J S, Xie W D, Li J C. Application of land - use regression models in spatial - temporal differentiation of air pollution[J]. Environmental Science, 2016, 37(2): 413 - 419.

[8] 李 烜, 束 炯, 谈建国, 等. 基于土地利用和人为热修正的城市夏季高温数值试验[J]. 热带气象学报, 2015, 31(3): 364 - 373.  
Li D, Shu J, Tan J G, et al. A numerical simulation experiment of an urban summer heat wave based on modified data of land - use and anthropogenic heat[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2015, 31(3): 364 - 373.

[9] 史泽鹏, 马中文, 马友华, 等. 基于 J48 决策树算法的遥感土地利用变化分析[J]. 遥感信息, 2014, 29(1): 78 - 84.

Shi Z P, Ma Z W, Ma Y H, et al. Land use change of remote sensing based on J48 decision tree algorithm[J]. Remote Sensing Information, 2014, 29(1): 78 - 84.

[10] 丁月平. 辅以纹理特征的面向对象遥感影像土地分类研究——以南通市港闸区为例[D]. 南京:南京林业大学, 2014.  
Ding Y P. Research on Land Classification of Object Oriented Remote Sensing Image Based on Texture Features: A Case Study of Gangzha District of Nantong City[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2014.

[11] 江 华. 基于 eCognition 面向对象技术的高分辨率遥感影像土地利用分类——以福州琅岐岛为例[J]. 海峡科学, 2014(8): 12 - 17.  
Jiang H. High resolution remote sensing image classification of land use based on eCognition object - oriented technology: Setting Langqi Island of Fuzhou as an example[J]. Straits Science, 2014(8): 12 - 17.

[12] 领 梅, 安慧君, 贺晓辉, 等. 基于决策树的凉城县土地利用分类研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2013, 34(6): 43 - 48.  
Ling M, An H J, He X H, et al. Research of land use classification based on decision tree in Liangcheng[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2013, 34(6): 43 - 48.

[13] 吴健生, 潘况一, 彭 建, 等. 基于 QUEST 决策树的遥感影像土地利用分类——以云南省丽江市为例[J]. 地理研究, 2012, 31(11): 1973 - 1980.  
Wu J S, Pan K Y, Peng J, et al. Research on the accuracy of TM images land - use classification based on QUEST decision tree: A case study of Lijiang in Yunnan[J]. Geographical Research, 2012, 31(11): 1973 - 1980.

[14] 肖 艳, 姜琦刚, 王 斌, 等. 基于 Relief F 和 PSO 混合特征选择的面向对象土地利用分类[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 211 - 216.  
Xiao Y, Jiang Q G, Wang B, et al. Object based land - use classification based on hybrid feature selection method of combining Relief F and PSO[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(4): 211 - 216.

[15] 黄秀霞, 孙 力. C4.5 算法的优化[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(5): 1265 - 1270, 1361.  
Huang X X, Sun L. Optimization of C4.5 algorithm[J]. Computer Engineering and Design, 2016, 37(5): 1265 - 1270, 1361.

[16] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 54 - 63.  
Wu L N, Yang S T, Liu X Y, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River basin since 1976[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 54 - 63.

[17] 宗 玮. 上海海岸带土地利用/覆盖格局变化及驱动机制研究[D]. 上海:华东师范大学, 2012.  
Zong W. Research on Land Use/Land Cover Change and Driving Forces Mechanism in Coastal Zone of Shanghai[D]. Shanghai: East China Normal University, 2012.



# Research on land use dynamic change and prediction in Lucheng City of Shanxi Province based on TM and OLI

SANG Xiao, GUO Qiaozhen, PAN Yingyang, FU Ying  
(*Institute of Geology and Geomatics, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China*)

**Abstract:** In this study, the authors used TM remote sensing images in 1995, 2000, 2005, 2010 and OLI remote sensing image in 2015 as data sources, classified the image by decision tree method based on CART (classification and regression tree) to obtain the land use information of Lucheng City of Shanxi Province and did accuracy assessment. Then the dynamic change of land use was analyzed by such means as the extent of land use change, the single land use dynamics, and the integrated index of land use change degree. In addition, the GM(1, 1) model was built using first four data and was verified by the actual data in 2015. At last, the land use of Lucheng City in 2020 was predicted by using the GM (1,1) model. According to the results obtained, the forest area and the residential area increased, the agriculture area and the unused land area decreased, and the water area remained about the same in the 20 years from 1995 to 2015 in Lucheng City; the development degree achieved the medium level and the land use structure remained about the same. In 2020, the predicted value of agriculture area in Lucheng City will be 22 759.32 hm<sup>2</sup> and the predicted value of residential area will be 8 854.76 hm<sup>2</sup>.

**Keywords:** TM; OLI; CART; land use dynamic change; GM(1,1)

(责任编辑: 陈 理)