

文章编号: 1008 - 2786 - (2016) 5 - 562 - 09

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000163

# 基于证据理论的不透水表面扩张模拟 及其生态效应研究

王桂林<sup>1 2</sup> 杨 昆<sup>2 3\*</sup> 王保云<sup>2 3</sup>

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院; 2. 西部资源环境地理信息技术教育部工程研究中心;

3. 云南师范大学信息学院, 云南 昆明 650500)

**摘 要:** 对不透水表面扩张导致的生态环境问题的探讨。认为 不透水表面扩张是人类改变自然的一个最直接的行为方式,其直接改变地表结构导致区域下垫面结构发生变化,得出“人类活动→土地利用/覆被变化→流域生态系统结构改变和功能退化”链式驱动机制。在该链式驱动模式上,采用 D-S(Dempster-Shafer)证据理模型分析了不透水表面扩张的驱动机制,量化人类活动对不透水表面扩张的影响程度,最终预测流域在人文环境驱动下的不透水表面扩张。结果表明:2002 年、2009 年、2018 年的滇池不透水表面覆盖率分别为:7.95%、13.40%、25.95%。2002 年滇池流域不透水表面覆盖率 < 10%,即“生态环境脆弱期”,如果没有其他环境压力,其生态系统结构和功能具有可持续性;2009 年滇池流域不透水表面覆盖率在(10~25%)之间,即“生态系统受影响期”,具有明显的生态系统结构和功能退化迹象;依照目前的驱动机制和发展模式,到 2018 年,其不透水表面覆盖率 > 25%,即“生态功能退化期”,其将带来不可逆转的生态破坏,如生态系统结构高度不稳定,生物多样性少,生态功能退化等现象。因此,要对滇池流域不透水表面扩张进行合理地规划,统筹经济发展和生态环境保护,以避免其带来不可控制的生态系统破坏。

**关键词:** 生态系统; 环境效应; 城市扩张; 人文驱动; 滇池流域

**中图分类号:** K909 P208

**文献标志码:** A

不透水表面是城市中一种人工地表特征,其影响城市的地表径流、水文循环、局部气候、生物多样性等生态环境要素,是监测城市生态系统及环境变化的重要指标,也是许多生态环境模型的主要输入参数。随着昆明城市化进程的快速推进,产生了一系列城市生态环境问题,并成为环境科学、生态学、地理学等学科领域关注的热点问题。滇池流域不透水表面覆盖面积的增加导致滇池流域的下垫面结构发生变化,生物多样性遭到破坏,水土流失加重,湖

泊富营养化步伐加快,这严重影响滇池流域生态系统的结构和功能。虽然近年来流域内工业和生活污染源污染得到了一定程度的控制,但滇池生态环境并没有得到有效改善,因此滇池流域生态环境问题受到人们越来越多的关注<sup>[1]</sup>。诸多学者对滇池生态环境污染进行了研究,认为滇池流域土地利用与覆盖变化<sup>[2]</sup>、大棚种植<sup>[3]</sup>、农业施肥<sup>[4-6]</sup>等引起的生态环境变化,诱发土壤侵蚀,导致水土流失和营养物质随地表径流流失造成大面积的非点源污染<sup>[7-8]</sup>,而

收稿日期(Received date): 2014-12-11; 改回日期(Accepted): 2016-03-02。

基金项目(Foundation item): 国家 863 项目(2012AA121402) 高等学校博士学科点专项科研基金(20115303110002) 资助。[National 863 project (2012AA121402); Specialized Research Fund for the Doctoral program(20115303110002)。]

作者简介(Biography): 王桂林(1986-),女,江西上饶市人,博士,主要从事资源环境信息系统。[Wang Guilin(1986-),female,Shangrao,Jiangxi province,Ph.D.,major in resources and environment information system.] E-mail: kawgl@126.com

\* 通信作者(Author for correspondence): 杨昆(1963-),男,云南昆明人,博导,主要从事资源环境信息系统。[Yang Kun(1963-),male,Kunming,Yunnan province,Ph.D supervisor,major in resources and environment information system.] E-mail: kmdcynu@163.com



1.2 数据来源

本论文遥感数据采用覆盖滇池流域范围内的两个时期的 Landsat 影像数据。这两期的影像数据获取日期分别为 2002 年 3 月、2009 年 3 月,轨道号为 Path = 129,Row = 42 和 Path = 129,Row = 43,各影像有少量云层,质量较高,来源于 U. S. Geological Survey; DEM 数据是采用国家 1:5 万 30 m 分辨率数据,来源于 U. S. Geological Survey; 道路、水系、居民地等数据是采用云南省 1:25 万矢量地图,来源于云南省测绘与地理信息局; 人口密度、人均 GDP、房

价等社会数据资料从云南省统计年鉴获得,数据精度到乡镇、街道; 空间数据统一采用 GCS\_WGS\_1984 地理坐标系和 WGS\_1984\_UTM\_Zone\_48N 投影坐标系。采用 ENVI 图像处理软件处理了研究区域 2002 年和 2009 年不透水表面影像分类图,其不透水表面分类精度均达 89.15% 以上。

2 D-S 证据理论模型应用

2.1 D-S 证据理论模型构建

表 1 2002 年驱动因子影响程度分析  
Tab. 1 Driving factors impact analysis in 2002

数据图层	总栅格数	IS 栅格数	$m(T_p)$	$m(\bar{T}_p)$	$m(\theta)$	数据图层	总栅格数	IS 栅格数	$m(T_p)$	$m(\bar{T}_p)$	$m(\theta)$
房价/(元/m <sup>2</sup> )						GDP/(万元/km <sup>2</sup> )					
4 680-5 286	37 451	1 815	0.011	0.126	0.862	3 857-6 475	2 812	109	0.039	0.097	0.864
5 286-5 892	8 935	293	0.007	0.101	0.892	6 475-9 093	18 534	1 050	0.058	0.109	0.833
5 892-6 498	6 203	151	0.005	0.099	0.896	9 093-11 711	14 120	552	0.039	0.105	0.855
6 498-7 104	4 786	282	0.014	0.098	0.889	11 711-14 329	4 967	210	0.043	0.098	0.859
7 104-7 710	5 284	512	0.024	0.098	0.879	16 947-19 565	5 683	242	0.043	0.099	0.858
7 710-8 316	2 774	388	0.036	0.096	0.868	19 565-22 183	5 496	436	0.083	0.099	0.818
8 316-8 922	3 806	865	0.065	0.097	0.839	22 183-24 801	5 895	796	0.151	0.099	0.751
8 922-9 528	2 243	896	0.146	0.096	0.759	24 801-27 419	5 111	1 072	0.256	0.098	0.646
9 528-10 134	981	443	0.181	0.095	0.724	27 419-30 030	5 504	1 104	0.242	0.098	0.66
坡向/°						IS 邻域分析/个					
-1	6 545	1	0	0.1	0.9	0-6	64 954	1 031	0.001	0.205	0.794
0-22.5	3 500	292	0.106	0.097	0.796	6-12	7 624	1 203	0.012	0.118	0.87
22-67.5	6 979	572	0.104	0.1	0.796	12-18	3 072	948	0.029	0.114	0.857
67.5-112.5	8 119	784	0.125	0.1	0.775	18-24	1 427	666	0.056	0.113	0.83
112.5-157.5	8 275	822	0.129	0.101	0.771	24-30	1 130	669	0.094	0.113	0.794
157.5-202.5	8 018	825	0.134	0.1	0.766	30-36	945	653	0.144	0.113	0.743
202.5-247.5	8 701	854	0.127	0.101	0.772	36-42	692	561	0.276	0.113	0.611
247.5-292.5	9 747	735	0.095	0.102	0.803	42-49	56	48	0.387	0.112	0.5
292.5-337.5	8 993	606	0.084	0.101	0.814	坡度/°					
337.5-360	3 794	287	0.096	0.098	0.807	0-5	36 460	4 292	0.445	0.151	0.405
距道路距离/m						5-10	20 668	1106	0.188	0.135	0.676
0-600	37 928	4 562	0.568	0.124	0.309	10-15	10 766	290	0.092	0.126	0.782
600-1 200	19 145	919	0.209	0.109	0.682	15-20	3 729	75	0.068	0.12	0.812
1 200-1 800	8 373	231	0.118	0.1	0.782	20-25	817	10	0.041	0.117	0.841
1 800-2 400	2 923	57	0.083	0.097	0.821	25-30	141	4	0.097	0.117	0.786
2 400-3 000	1 566	7	0.019	0.096	0.886	30-60	73	1	0.068	0.117	0.815
3 000-6 200	2 731	1	0.004	0.095	0.901						

D-S 证据理论是由 Dempster<sup>[9]</sup> 于 1966 年首次提出, 并由其学生 Shafer<sup>[10]</sup> 完善成一个完整的数学理论体系。D-S 证据理论已被广泛应用到数据挖

掘、信息融合、目标识别<sup>[11~12]</sup>、故障诊断<sup>[13]</sup>、分析决策<sup>[14]</sup>、仿真系统、地理信息系统<sup>[15~16]</sup>、灾害评估分析<sup>[17]</sup>等实际应用中。虽然 D-S 证据理论具有强大





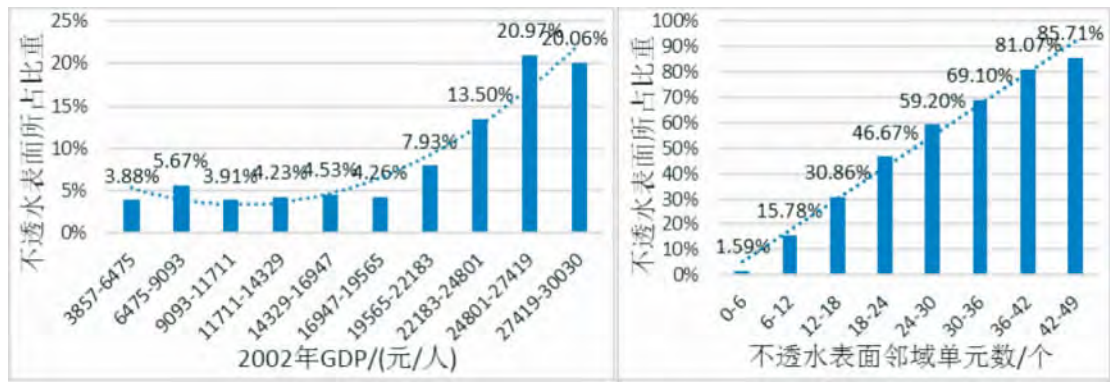


图3 2002年不透水表面扩张驱动机制  
Fig.3 Drive mechanism of impervious surface expansion in 2002

的融合空间数据的能力,但把D-S证据理论应用于地理信息系统中存在的主要困难是如何用数据驱动的方法来定义D-S证据理论中的概率分配函数。

2.2 D-S证据理论模型实现

2.2.1 驱动机制

诸多学者采用不同空间计量方法来研究土地利用变化的驱动因子对其的影响程度<sup>[18~20]</sup>。本文对2002年的空间数据进行驱动机制分析,其中人文因素:人口密度、房价、GDP、距道路距离、距居民点距离、距河流距离,不透水表面邻域单元数;自然因素:坡度、坡向、高程。采用D-S证据理论计算空间变量各属性值对不透水表面的影响程度,根据D-S证据理论获取各空间数据支持不透水表面的信任函数、不信任函数、不确定函数、似真函数(表1),并获取定量的分析结果(图3),考虑到篇幅表1只列出

坡向、坡度、房价、距道路距离、GDP、不透水表面邻域单元数的分析结论。结论表明其中距道路距离、距居民点距离、距水系距离、人口密度、GDP、房价、不透水表面邻域单元数等人文驱动因素对其影响很大,其中距道路距离、距河流距离、距居民点距离对不透水表面扩张的影响具有很强的相似性;坡度、高程对不透水表面的扩张影响较大,但坡向对不透水表面扩张的影响程度变化不明显。因此,融合空间数据时不融合坡向,与传统模型不同的是主要考虑对不透水表面扩张影响较大的驱动因子,而不是笼统地融合所有可能相关的空间数据。

2.2.2 空间数据融合

在上述驱动机制分析结论的基础上,依据Dempster融合规则融合空间数据(距道路距离、距居民点距离、距水系距离、人口密度、GDP、房价、IS邻域单元数、坡度、高程)。融合空间数据之后,获

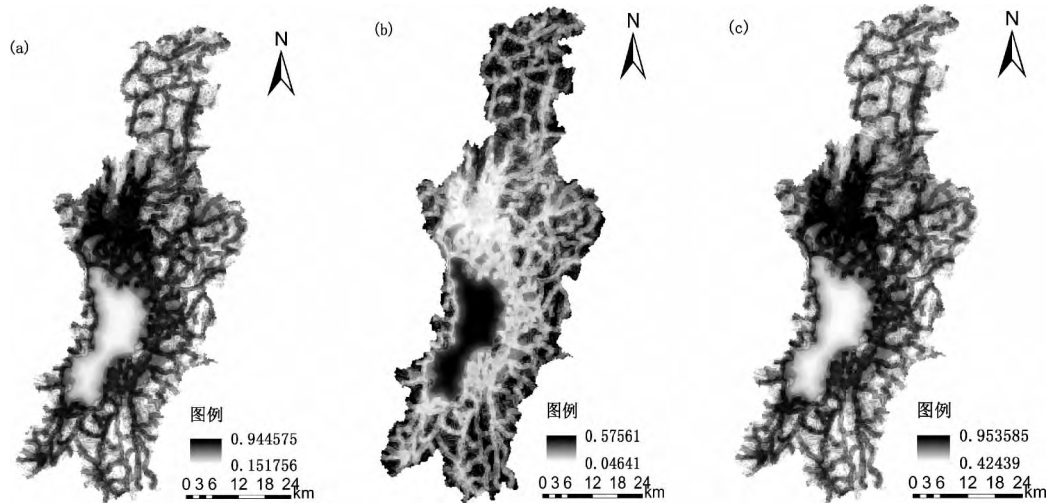


图4 2009年滇池流域不透水表面扩张信任函数(a)、不信任函数(b)、似真函数(c)  
Fig.4 The belief (a), disbelief (b), plausibility (c) function of the Dianchi impervious surface in 2009

取最终的支持不透水表面扩张的信任函数、不确定函数、不信任函数(图 4)。

2.2.3 模拟与验证

根据融合结果,即不透水表面信任函数、不确定函数,选定阈值(阈值判定如图 5)获取不透水表面预测结构图。采用点对点精度验证方法,把预测值与实际不透水表面值做实证,对比了预测值与实际值的转换和未转换栅格的精度分析(表 2)。研究结果表面,当阈值选择 0.86 时,其模拟图与实际数据精度为 87.75%。另一种方法是采用 Moran I 指数进行对比分析模拟值和实际值在景观格局聚集程度(表 3)。Moran I 指数一般用来描述空间的自相关性,该指数反映了空间聚集和分散的程度<sup>[21~22]</sup>。本文采用 Moran I 指数来表达不透水表面空间结构(即景观格局)的空间聚集度指数。Moran I 指数的最大值为 1,它的值越大,表示所反映的空间聚集度指数越大,聚集性越好。Moran I 指数分析结论显示 2002 年实际分类图的 Moran I 指数是 0.718 6,

2009 年实际结构图的 Moran I 指数为 0.714 5,2009 年预测图的 Moran I 指数为 0.710 2,反映出高的空间聚集程度。图 6 是滇池流域不透水表面模拟与实际的 结构图。

表 2 逐点对比模拟精度

Tab. 2 Simulation accuracy by point to point

2009 年模拟与 实际精度分析		模拟		正确率	总体精度
		不转	转换		
实	不转	52 236	4 830	91.54%	87.75%
	转换	3 585	8 044	69.17%	

表 3 Moran I 指数对比

Tab. 3 Moran I index comparisons

Moran I 指数		
2002 实际(初始)	2009 实际	2009 模拟
0.718 6	0.714 5	0.710 2

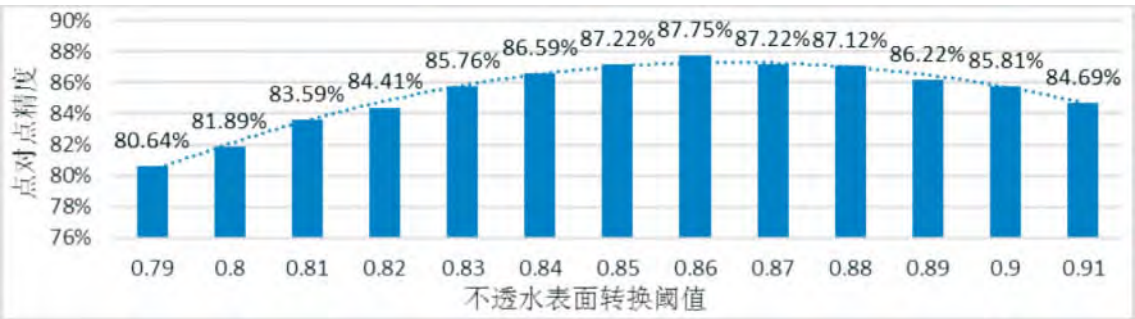


图 5 不透水表面转换阈值判定

Fig. 5 Impervious surface conversion threshold selection

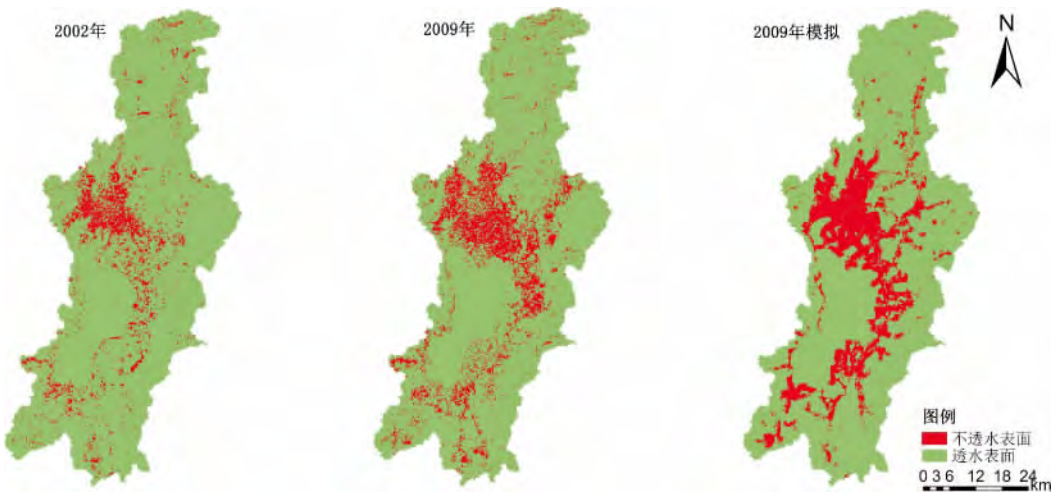


图 6 滇池流域不透水表面 2002 实际图( a) 和 2009 年实际( b) 以及模拟图( c)

Fig. 6 The impervious surface classification map in 2002( a) 2009( b) and its simulation map ( c)

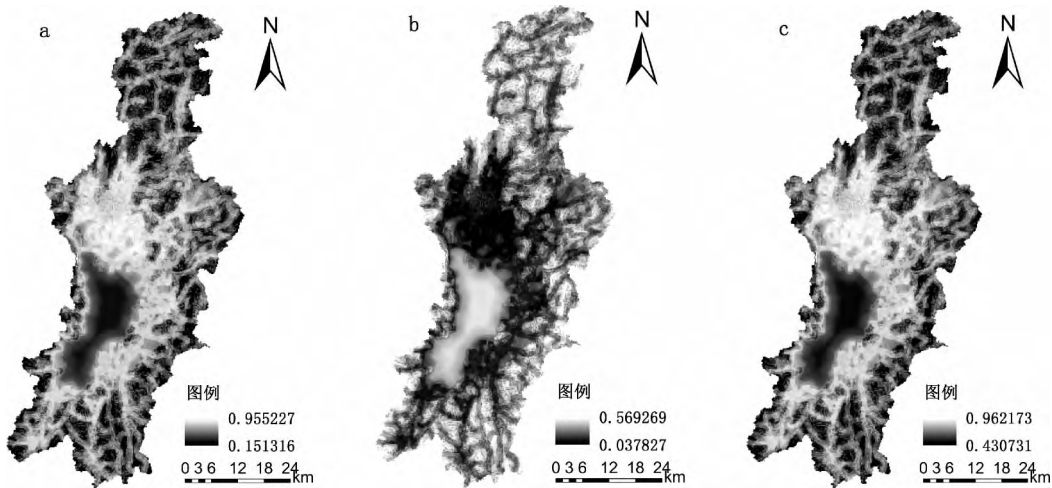


图 7 2018 年不透水表面信任函数( a )、不信任函数( b )、似真函数( c )、不透水表面模拟结构图( d )  
Fig. 7 Belief( a ) , disbelief ( b ) , plausibility ( c ) functions of impervious surface and its structures in 2018( d )

2.2.4 模型结果

经过对模拟结果的验证 ,得出模型的可靠性 ,然后采用该模型进行预测滇池流域未来不透水表面扩张趋势。以 2009 年滇池流域现存不透水表面图作为起始数据 ,分析了 2009 年不透水表面扩张驱动因子 ( 2009 年的 GDP、人口密度、房价、不透水表面邻域分析数据、距道路距离、距居民点距离、距河流距离以及坡向、坡度、高程) 的影响程度。最终模拟预测了 2018 年的滇池流域不透水表面空间结构图。根据 D - S 证据理论的融合结果获取 2018 年滇池流域不透水表面信任函数、不确定函数、不信任函数 ( 图 7) 以及 2018 年不透水表面空间结构图( 图 8) 。其中 2018 年不透水表面模拟图的 Moran I 指数为 0.7025 ,具有很好的空间聚集性。如表 4 列出了证据理论和逻辑回归模型的模拟结果在模拟精度和空间聚集性指数方面进行对比分析 ,结果表明证据理论比逻辑回归模型在精度提高了 11.79% ,在空间聚集性上也提高了 0.299 ,具有很大的改进。

表 4 证据理论与逻辑回归模拟精度对比  
Tab.4 Compare precision between different models

模型间对比分析	证据理论	逻辑回归	提高精度
点对点	87.75%	75.96%	11.79%
Moran I	0.710 2	0.691 3	0.299 0

3 结论

针对量化驱动因子对不透水表面扩张的影响程度问题 ,提出了 D - S 证据理论来定量地分析各空

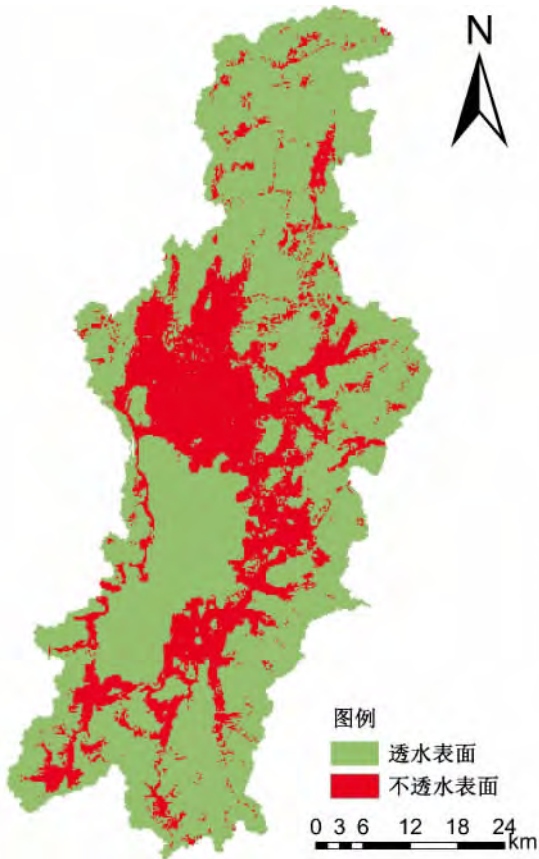


图 8 不透水表面模拟结构图  
Fig. 8 Structure map of impervious surface in 2018

间数据对不透水表面扩张的影响程度 ,挖掘其隐含的空间地理知识 ,在此基础上提高了不透水表面扩张模拟精度。结论表明 ,证据理论能充分地挖掘出各种影响因子中所隐含的信息 ,并把其所隐藏的知识定量地展现出来。最后通过融合各种空间数据中



所隐含的地理知识得出滇池流域最可能发展为不透水表面的区域,模拟出较为准确结果。通过对不透水表面驱动机制的研究,发现其中房价、人口密度、居民地、高程、GDP、不透水表面邻域单元数,对不透水表面扩张具有非常强的影响。

通过 D-S 证据理论模型的模拟与预测,得出了很好的模拟精度,并对滇池未来不透水表面扩张的预测具有一定可靠性。分析 2002 年、2009 年、2018 年的滇池不透水表面覆盖率分别为: 7.95%, 13.40%, 25.95%。美国环境保护机构(USEPA)、美国国家海洋和大气局(NOAA)、美国地质测量局(USGS)等很早就开始重视和开展了基于不透水表面覆盖率对生态污染影响的量化研究。依据美国环境保护机构(USEPA)的报告,其依据不同不透水覆盖率对生态环境的影响的不同,把不透水表面覆盖率划分为<sup>[23]</sup>: 稀疏型(<1%); 轻度稀疏(1%~4.9%); 稠密型(5~9.9%); 密集型(10~24.9%); 生态功能退化型(>25%)五个等级。研究表明,当流域范围内不透水表面覆盖率达到一定比例时(>10%),其带来的污染不亚于农业面源污染;当流域范围内不透水表面覆盖率达到(>25%)时,其将带来不可逆转的生态破坏。依照目前的驱动机制和发展模式发展下去,2018 年的滇池流域不透水表面覆盖率为 25.95%,即“生态功能退化型”,其带来的生态环境污染具有不可逆转性。因此,要对滇池流域不透水表面扩张进行合理地规划,统筹经济发展和生态环境保护,以避免其带来不可控制的生态系统破坏。

## 参考文献(References)

- [1] Zheng Binghui, Zhi Yongkuan, Zheng Fandong, et al. Dynamic change of ecological environment in Dianchi Lake Basin[J]. Environmental Sciences 2002, 15(2): 16-18 [郑丙辉, 鄧永宽, 郑凡东, 等. 滇池流域生态环境动态变化研究[J]. 环境科学研究, 2002, 15(2): 16-18]
- [2] Zhang hong, Li Hailin, Chen Zhen. Analysis on land use dynamic change and its impact on the water environment in Dianchi Lake drainage area[J]. Research of Soil and Water Conservation 2012, 19(1): 92-97 [张洪, 黎海林, 陈震. 滇池流域土地利用动态变化及对流域水环境的影响分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 92-97]
- [3] Shi Feng, Du Pengfei, Zhang Dawei, et al. Nonpoint source pollution simulation in greenhouse region of Dianchi Basin[J]. J T Singh ua Univ(Sci & Tech) 2005, 45(3): 363-366 [石峰, 杜鹏飞, 张大伟, 等. 滇池流域大棚种植区面源污染模拟[J]. 清华大学学报(自然科学版) 2005, 45(3): 363-366]
- [4] Pu Huijuan. The effect of accumulation of farmland soil nitrogen on the water environment in BaoXiang river basin of Dianchi Lake [D]. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2009: 56 [普惠娟. 滇池宝象河流域农田土壤氮素累积对水环境的影响[D]. 昆明: 云南农业大学, 2009: 56]
- [5] Yang Zisheng. The factor of soil and water conservation measures of soil erosion on sloping cultivated land in the northeast Mountain region of Yunnan province[J]. Mountain Research, 1999, 17(A05): 22-24 [杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤侵蚀的水土保持措施因子[J]. 山地学报, 1999, 17(A05): 22-24]
- [6] Zhang Naiming, Yu Yang, Hong Bo, et al. The factor of farmland soil runoff phosphorus pollution load in Dianchi Lake[J]. Environmental Science 2003, 24(3): 155-157 [张乃明, 余扬, 洪波, 等. 滇池流域农田土壤径流磷污染负荷影响因素[J]. 环境科学, 2003, 24(3): 155-157]
- [7] Yang Shuhua, He Bin. Landscape pattern and non-point source pollution control in Dianchi Lake Basin [M]. Yunnan: Yunnan Science and Technology Press, 1998: 85 [杨树华, 贺彬. 滇池流域的景观格局与面源污染控制[M]. 云南: 云南科技出版社, 1998: 85]
- [8] Li Jianguo, Dao Hongying, Zhang Liang, et al. Soil and water loss monitoring in the Dianchi watershed[J]. Research of Soil and Water Conservation 2004, 11(2): 75-77 [李建国, 刁红英, 张亮, 等. 滇池流域水土流失监测[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 75-77]
- [9] Wu Deling. The causes of Dianchi Lake eutrophication[J]. Environmental Sciences 1992, 5(5): 26-28 [吴德玲. 滇池富营养化成因分析[J]. 环境科学研究, 1992, 5(5): 26-28]
- [10] Dempster A P. New methods for reasoning towards posterior distributions based on sample data[J]. The Annals of Mathematical Statistics, 1966: 355-374
- [11] Shafer G. A mathematical theory of evidence [M]. Princeton: Princeton university press, 1976.
- [12] Ran Y. H, Lia X, Lu L, et al. Large-scale land cover mapping with the integration of multi-source information based on the Dempster-Shafer theory[J]. International Journal of Geographical Information Science 2012, 26: 169-191
- [13] Chen Dingyue. Application of D-S evidential theory to compound vibration recognition [J]. Chinese Mechanical Engineering, 2004, 15(18): 1610-1613 [陈丁跃. D-S 理论在复合振动识别中的应用[J]. 中国机械工程, 2004, 15(18): 1610-1613]
- [14] Wahab O A, Otrok H, Mourad A. A cooperative watchdog model based on Dempster-Shafer for detecting misbehaving vehicles [J]. Computer Communications, 2014, 41: 43-54
- [15] Liu Xiaoguang, Hu Xuegang. Application of D-S evidence theory to DSS [J]. Computer Systems Applications 2010, 19(10): 112-116 [刘晓光, 胡学钢. D-S 证据理论在决策支持系统中的应用[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(10): 112-116]
- [16] Malpica J A, Alonso M C, Sanz M A. Dempster-Shafer Theory in geographic information systems: A survey [J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(1): 47-55
- [17] Park N W. Application of Dempster-Shafer theory of evidence to



- GIS - based landslide susceptibility analysis [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2011, 62(2): 367 - 376
- [18] Li Te, Feng Qi, Zhang Kun. Threat assessment based on entropy weight grey incidence and D - S theory of evidence [J]. *Application Research of Computers* 2013, 30(2): 380 - 382 [李特, 冯琦, 张堃. 基于熵权灰色关联和 D - S 证据理论的威胁评估 [J]. *计算机应用研究* 2013, 30(2): 380 - 382]
- [19] Shao Yi xi, Li Manchun, Chen Zhenjie et al. Simulation on regional spatial land use patterns using geographically weighted regression: A case study of Menghe Town, Changzhou [J]. *Scientia geographica sinica* 2010, 30(1): 92 - 97 [邵一希, 李满春, 陈振杰, 等. 地理加权回归在区域土地利用格局模拟中的应用——以常州市孟河镇为例 [J]. *地理科学* 2010, 30(1): 92 - 97]
- [20] Xiong Heigang, Zhang Ya. Study on the driving forces of the land - use change in ShiHezi city [J]. *Human Geography* 2008, 103(5): 32 - 36 [熊黑钢, 张雅. 石河子市土地利用变化及主要地类驱动力研究 [J]. *人文地理* 2008, 103(5): 32 - 36]
- [21] Feng Yan, He Daming, Gan Shu. The main factors to effect the ecological changes in Nujiang drainage basin of longitudinal range-gorge region [J]. *Mountain Research*, 2008, 26(5): 538 - 545 [冯彦, 何大明, 甘淑. 纵向岭谷区怒江流域生态变化之驱动力分析 [J]. *山地学报*, 2008, 26(5): 538 - 545]
- [22] Wu F. Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural-urban land conversions [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2002, 16(8): 795 - 818
- [23] Exum L R, Bird S H, Harrison J, Perkins C A. Estimating and projecting impervious cover in the southeastern United States. EPA Report No. EPA, 2005, 600/R - 05/061 (EPA, Washington, DC).

## Simulation of Impervious Surface Expansion and Its Environmental Effects

WANG Guilin<sup>1 2</sup>, YANG Kun<sup>2 3</sup>, WANG Baoyun<sup>2 3</sup>

(1. School of Tourism and Geographic Sciences, Yunnan Normal University Kunming, China;

2. The Engineering Research Center of GIS Technology in Western China of Ministry of Education of China;

3. School of Information Science and Technology, Yunnan Normal University Kunming, China)

**Abstract:** This study explored the environmental effects of impervious surface expansion, thinking that impervious surface expansion was the most direct way to change natural environment. A drive chain from human activities to land use and land cover change, then to ecosystem structure change and function degradation was found. Based on the drive chain, D - S evidence theory was adopted to simulate the expansion of Dianchi - Basin's impervious surface. The results showed that the impervious surface coverage were 7.95% in 2002, 13.40% in 2009, 25.95% in 2018, respectively. Sensitive area has 0 to 10% imperviousness and typically has good water quality, good habitat structure, and diverse biological communities if riparian zones are intact and other areas are absent. Impacted streams have 10 to 25% imperviousness and show clear signs of degradation and only fair in-stream biological diversity. Non-supporting area have >25% impervious, a highly unstable channel and poor biological condition supporting only pollutant-tolerant fish and insects. Thus, It should be reasonable to plan urbanization formation of Dianchi giving consideration to economic development and ecological environmental protection, in order to avoid its uncontrolled destruction of ecosystem.

**Key words:** environmental effects; Demspter - Shafer evidence theory; impervious surface expansion; human-induced; ecosystem; Dianchi - Basin