

基于 GIS 和 RS 的重庆市主城区 NDBI 分布特征研究

张晓媛, 周启刚

(重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067)

摘 要:利用 RS 技术快速、精确地获取监测城镇用地信息,有助于城市的合理规划及生态环境的保护。采用 2002 年、2007 年、2010 年 Landsat TM 遥感数据提取重庆主城区建筑指数(NDBI),获取重庆主城区建筑指数的数量结构与空间分布特征,并结合分形理论,对 NDBI 的分维数与稳定性进行研究。结果表明:2002—2010 年低建筑区减少,高建筑区增加;在空间分布上,巴南区的建筑指数明显低于其他区域,九龙坡区以及渝北区的建筑指数相对较高;低建筑区的斑块复杂程度明显高于高建筑区,而高建筑区域的稳定性则高于低建筑区,主要是建设用地相对集中,斑块形状较为规整,从而受外界的干扰较小。研究结果为重庆市城市土地利用管理与城市生态保护提供参考。

关键词:NDBI; RS&GIS; 重庆市主城区

中图分类号:TP79;F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0111-05

Study on NDBI Distribution Characteristics in Main District of Chongqing City Based on GIS and RS

ZHANG Xiao-yuan, ZHOU Qi-gang

(School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: RS technique was used to quickly and accurately obtain and monitor urban land-use information, which is helpful to rationally plan city and protect ecological environment. Chongqing Main City Zone Normalized Differences Built-up Index (NDBI) was extracted through the data sources including 2002, 2007, 2010 Landsat TM remote sensing data, and the quantitative structure and spatial distribution characteristic of Chongqing Main City Zone NDBI were obtained. The NDBI of fractal dimension and stability were studied based on fractal theory. The results indicated that the low building district was decreased and the high building district was increased from 2002 to 2010. With respect to spatial distribution, Banan district built-up index is lower than other districts obviously, Jiulongpo district and Yubei district built-up index are relatively high. The low building district of the patches' complexity is higher than the high building district, and the high building district of stability is higher than the low building district. It is mainly because that the construction land is relatively concentrated, and patch shape is more regular, little in external interference. The results offer reference for urban land utilization and management and the city ecology protection of Chongqing.

Key words: NDBI; RS&GIS; main city zone of Chongqing

归一化建筑指数(NDBI)以其卓越的城镇用地信息表达能力,成为城镇用地及其变化研究的重要分析工具^[1]。NDBI 指数的前身是杨山提出的仿归一化植被指数,用于研究城乡聚落形态信息提取。查勇等改称为归一化建筑指数(Normalized Difference Built-up Index),且利用其自动提取了无锡市的城镇用地信息,吴宏安等在研究西安城市边界信息提取时

指出,NDBI 从本质上讲揭示了地表裸露特征,因此将 NDBI 定义为归一化裸露指数(Normalized Differenced Barren Index)^[2-8]。现目前,对于 NDBI 的研究主要集中于 NDBI 的提取方法,而对于 NDBI 与土地利用之间的关系及其分布特征研究较少^[9-11]。重庆市作为典型的山地城市,其建筑指数(NDBI)的分布特征研究有助于重庆市城市用地管理与城市生态

收稿日期:2013-11-02

修回日期:2013-12-08

资助项目:国家自然科学基金项目“三峡库区屏障带土地利用生态风险数值模拟”(41101503);国家社科基金重大项目(11&ZD161)

作者简介:张晓媛(1990—),女,在读硕士生;主要研究方向:3S 理论与应用、土地利用与规划、环境监测与保护。E-mail: xiaoyuan. kul@163. com

通信作者:周启刚(1976—),男,副教授,博士,硕士生导师;主要研究方向:3S 理论与应用、土地利用与规划、环境保护。

管理。研究采用美国陆地卫星 2002 年、2007 年、2010 年 TM 遥感数据提取重庆都市区建筑指数 (NDBI),并设置阈值对 NDBI 进行等级划分,得到重庆都市区建筑指数的数量结构与空间分布特征。最后,结合分形理论,对建筑指数 (NDBI) 的特征参数——分维数与稳定性进行研究。

1 研究区概况

重庆市位于长江上游,四川盆地以东,东经 105°17′—110°11′、北纬 28°10′—32°13′,是长江上游最大的经济文化中心、重要的水陆交通换乘地以及西南部重要经济增长极之一。其中,主城区包括渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、渝北区、巴南区 9 个行政区,总面积为 5 463.9 km²。区域地形结构复杂,主要为中山、低山、丘陵,属亚热带季风性湿润气候,冬暖夏热。

2 数据源与研究方法

2.1 数据源

本研究分别以 Landsat-TM2002 年、2007 年和 2010 年 8 月的遥感影像数据作为研究重庆市都市区建筑指数 (NDBI) 的影像数据源,其轨道号为 127039,127040,128039,128040,来源为 Landsat7,空间分辨率为 30 m,同时收集重庆市都市区 1:5 万 DEM 数据、行政区划数据。

2.2 数据预处理

为了能够更精确地提取城市建筑用地指数,必须对 Landsat TM 影像进行预处理,具体包括影像的正射校正、辐射校正等。首先,根据重庆 1:5 万 DEM 数据,选取控制点对影像进行正射校正,选取的控制点需均匀分布等,校正精度在 1 个像元之内。在正射校正后,裁减出覆盖重庆都市区的图像,利用 ER-DAS 8.7 对裁减后的影像进行大气校正。

2.3 NDBI 计算方法

NDBI 指数源于对归一化差异植被指数 (NDVI)

的深入分析。基于 TM 遥感影像的 NDBI 指数计算公式为:

$$NDBI = (band5 - band4) / (band5 + band4) \quad (1)$$

式中,band4,band5 分别指 ETM 图像的第 4,5 波段,取值在-1 到 1 之间。

2.4 NDBI 分类方法

根据 NDBI 的计算结果,在 ArcGIS 软件支持下,采用自然断点法进行分级,将其分为高建筑区、较高建筑区、中等建筑区、较低建筑区、低建筑区共 5 个等级。

2.5 NDBI 各等级分形指数分析

NDBI 等级斑块不仅能反映 NDBI 的总体特征,而且能通过内在的图形信息特征,即斑块形状信息,揭示 NDBI 空间形态特征,现采用分维数、稳定指数指标,整体分析重庆主城区的 NDBI 斑块形态特征。

(1) 分维数:分维数主要是用来解释 NDBI 各等级的形状和面积大小之间的相互关系,公式如下^[12]:

$$D = 2 \ln(P/4) / \ln(A) \quad (2)$$

式中:D——分维数;P——斑块周长;A——斑块面积。D 值的大小表示景观结构的复杂性和稳定性,D 值越大,表明斑块形状越复杂,D 值的理论范围为 1.0~2.0,1.0 代表形状最简单的正方形斑块,2.0 表示等面积下周边最复杂的斑块。

(2) 对于某种景观要素而言,D 值越大,表示该要素的镶嵌结构越复杂,D=1.50 时,表示该等级类型处于一种类似于布朗运动的随机状态,即最不稳定状态,由此还可以定义景观要素的稳定性指数(SK)^[13]:

$$SK = |1.5 - D| \quad (3)$$

SK 值越小,表明该要素越不稳定。

3 结果与分析

3.1 NDBI 数量结构特征分析

根据公式(1)计算重庆都市区 2002 年、2007 年、2010 年三期 NDBI 数据,采用自然断点法对计算结果进行分级,并统计各级 NDBI 的面积,得到表 1。

表 1 各级 NDBI 面积

分区	2010 年		2007 年		2002 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
低建筑区	99.01	1.81	91.85	1.68	107.89	1.96
较低建筑区	2071.94	37.92	1420.49	25.89	1492.45	27.32
中度建筑区	2613.87	47.84	3176.14	58.13	3646.23	66.73
较高建筑区	570.65	10.44	622.52	11.39	212.11	3.88
高建筑区	108.47	1.98	152.91	2.80	5.24	0.1

由表 1 可以看出,重庆都市区 NDBI 各等级面积分布差异明显,以中度建筑区和较低建筑区为主。其

中,2010 年,中度建筑区面积为 2 613.87 km²,占总面积的 47.84%;较低建筑区共占总面积的 37.92%,

仅次于中度建筑区;高建筑区和较高建筑区面积分别为 108.45 km² 和 570.65 km²,占评价面积的 1.98% 和 10.44%;低建筑区面积最小,为 99.01 km²,主要因为重庆都市区森林覆盖度极高的区域较小。2007 年,重庆都市区 NDBI 各等级数量结构与 2010 年基本相同,依次为中度建筑区 3 176.14 km²,占总面积的 58.19%;较低建筑区所占比例为 25.89%,面积 1 420.49 km²;较高建筑区 622.52 km²,占比例为 11.39%;高建筑区 152.91 km²;低建筑区 91.85 km²,占总面积的比例仅为 1.68%。2002 年,重庆都市区 NDBI 各等级数量结构有所改变,其中,面积最大的依然为中度建筑区,而面积最小的是高建筑区,具体表现为中度建筑区较>低建筑区>较高建筑区>低建筑区>高建筑区。

重庆都市区 NDBI 各级面积均发生变化,2002—2010 年,低建筑区面积变化不明显,且三年面积均未

超过 2 km²;较低建筑区总体有所增加,由 2002 年的 1 492.446 km² 变为 2 071.938 km²,这主要是由于近年来重庆都市区大力植树造林,改善城市绿化环境所导致;中度建筑区逐年减少,且变化明显,由 3 646.228 km² 减少为 2 071.938 km²,这主要是因为城市大面积扩张,对耕地与草地的替代;较高建筑区变化较为明显,2002—2010 年,增加了 358.536 km²;高建筑区面积 2002—2007 年大幅度增加,但 2007—2010 年有所减少,主要原因为 2002—2007 年重庆市城市快速发展,建设用地大面积增加,而 2007—2010 年城市建筑老化,反射率降低,导致高建筑区面积减少。

3.2 NDBI 空间分布特征分析

根据公式(1)计算重庆都市区 2002 年、2007 年、2010 年三期 NDBI 数据,采用自然断点法对计算结果进行分级,得到 NDBI 空间分布图(图 1),进而分析重庆都市区 NDBI 空间分布特征。

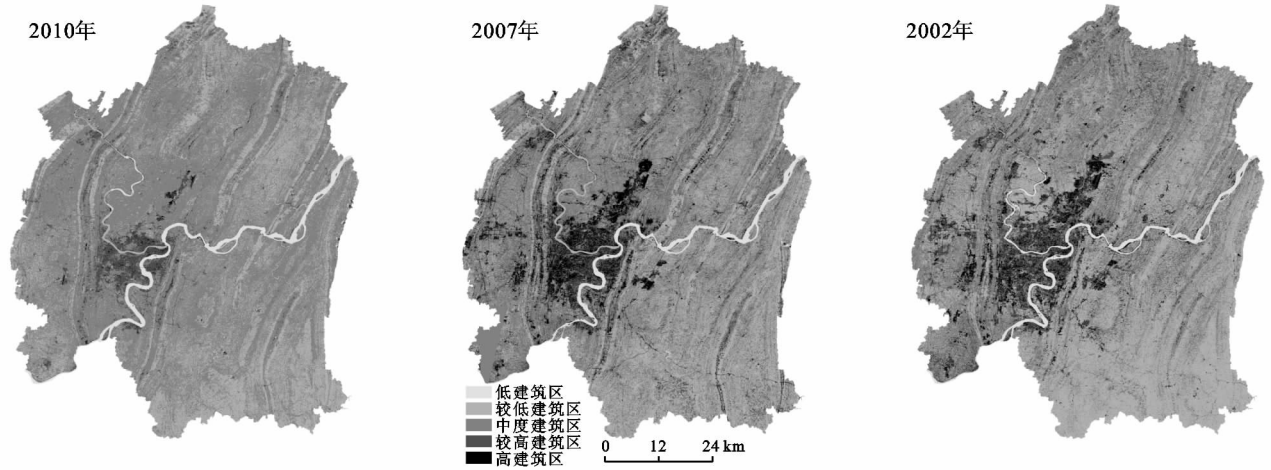


图 1 重庆都市区 NDBI 空间分布

由图 1 可以看出,重庆都市区 NDBI 各等级在空间上的分布呈现一定的规律,高建筑区与较高建筑区分布集中,低建筑区主要分布于长江流域。2010 年高建筑区位于渝北区、南岸区以及九龙坡区,渝北区因两江新区的建设,新增城镇用地大量增加,而南岸区则因茶园新区的发展,导致其具有较高的建筑指数;其次,建筑指数较高的区域包括渝中区、渝北区等区县的已建成区,该区域因其建设用地面积较大,但建筑相对老化,导致其具有较高的建筑指数;中度建筑区所占面积较大,且较为分散,主要因为重庆都市区绿化相对较好,稀疏植被面积较大;较低建筑区主要分布于重庆都市区西南的巴南区、嘉陵江部分区域以及渝北区的铜锣山区域,巴南区地势较为平坦,植被覆盖面积较大,城市建设开发活动相对较少,建筑指数较低,铜锣山则因其较高的植被覆盖率;低建筑区主要集中分布于长江流域。2007 年重庆都市区

NDBI 的分布态势与 2010 年相似,但其高建筑区比 2010 年所占面积较大,说明 2007 年重庆都市区城市建设活动较大;2007 年嘉陵江整个区域建筑指数表现为较低,表明水域环境相对 2010 年较差。2002 年重庆都市区高建筑区与较高建筑区主要集中于渝中、江北以及九龙坡区,低建筑区主要覆盖长江流域。

在垂直空间分布上,重庆市山地丘陵区的 NDBI 与较平坦地区的 NDBI 呈现出明显的垂直地带性。在山地丘陵地区,植被覆盖率保持相对稳定,且海拔越高,植被覆盖率越高,NDBI 越小。这主要是由于高海拔地区地势陡峭,不利于土地的开发和利用,且都市区各大山脉都划入了限制建设区或禁止建设区,使植被得以较好的保护。地势平缓区域为人类活动和建设用地扩张的主要区域,其建筑指数相对较高。

重庆都市区高建筑区与较高建筑区呈现外延式和多核心扩展的趋势。以重庆都市区各行政区已建

成区为中心向外扩展,同时部分区域沿长江和嘉陵江两岸扩展,特别是渝北区、南岸区、九龙坡区、北碚区和巴南区增速最快。这主要是由于直辖以来,这几个区的经济发展迅速,建设用地面积急剧增加,城市绿化的速度跟不上建设用地扩张的速度,导致建筑指数不断增加。低建筑区基本保持稳定,表明长江水域环境质量稳定。较低建筑区域面积扩大,说明重庆都市区生态保护工程效果明显,植被覆盖呈逐步恢复的状态。

3.3 NBDI 各等级分维数分析

对计算分形维数的公式两边取对数,将 2002 年、2007 年以及 2010 年重庆都市区 NBDI 各等级每个图斑的面积和周长数据代入对数公式,对每一对数据作出散点图,分析 NBDI 各等级斑块面积与周长的线性关系。从统计结果来看,重庆都市区 NBDI 各等级图斑分布具有较好的自相似性,因此应用分形理论对 NBDI 各等级从总体上进行分形分析是可行的。根据公式(2)与公式(3)计算重庆都市区 NBDI 各等级的分维数与稳定性指数,计算结果见表 2。

利用分形理论对重庆都市区 NBDI 空间行为结果进行研究,主要是研究 NBDI 空间行为对土地形态的改变,并对此做出行为解释。因此,应关注的是 NBDI 分形维数的变化情况。由表 2 可知,2002 年 NBDI 各等级分维数最小的为高建筑区,最大的为低建筑区,主要因为建设用地较为集中所导致;2007 年分维数最大的仍为低建筑区,而 2010 年分维数大小排序依次为:低建筑区>较高建筑区>中度建筑区>较低建筑区>高建筑区。

对照 2002 年和 2007 年 NBDI 各等级的分形数据,分形维数降低的等级有低建筑区,其他等级的分形维数在增加。低建筑区分形维数减少量为 0.061 9,分形维数增加最多的是较高建筑区,增加量为 0.077 9。2007—2010 年,低建筑区、较低建筑区以及高建筑区分维数降低,而中度建筑区与较高建筑区的分维数增加,其中变化量最大的仅为 0.017 7,表明 2007—2010 年间,重庆都市区 NBDI 各等级图斑较为稳定。综合分析 2002—2010 年从各等级分形维数的变化量来看,NBDI 各等级变化的程度不是很大,说明重庆都市区 NBDI 空间行为总体上对土地形态的改变比较小。从分形的角度来看,分形维数越大,相同面积 NBDI 图斑的周长越长,斑块越复杂。分形维数降低表明 NBDI 斑块的形状越来越规整,分形维数增加则斑块形状越复杂。一般来讲,合理的城市规划行为会使得 NBDI 斑块更规整,从而朝着降低 NBDI 斑块分形维数的方向发展。从景观生态的角度来看,分形维

数越低,NBDI 各等级斑块的接触面越少,受外界及相互干扰的机会越少。

在 2002—2010 年间,重庆都市区境内没有发生大的自然灾害,NBDI 各等级形态及格局的改变绝大部分是由城市开发空间行为引起的。对于分形维数降低的等级而言,城市开发行为对空间的合并或分割使这些等级类型沿着一定的方向发展,分形维数降低的程度,说明 NBDI 各等级斑块形态规整化的程度及人们改善 NBDI 空间形态的行为强度,如植树造林、退耕还林。对于分形维数增加的等级而言,城市开发空间行为使 NBDI 斑块形态向着破碎化的方向发展,分形维数增大的多少反映了这种无序行为的强度。

表 2 重庆都市区 NBDI 各等级分维数与稳定性

分区	分维数			稳定性指数		
	2002 年	2007 年	2010 年	2002 年	2007 年	2010 年
低建筑区	1.5031	1.4412	1.382	0.0031	0.0588	0.118
较低建筑区	1.3208	1.3266	1.3187	0.1792	0.1734	0.1813
中度建筑区	1.2888	1.3376	1.3406	0.2112	0.1624	0.1594
较高建筑区	1.2569	1.3348	1.343	0.2431	0.1652	0.157
高建筑区	1.2101	1.2724	1.2547	0.2899	0.2276	0.2453

3.4 NBDI 各等级稳定指数分析

由表 2 可知,重庆都市区 NBDI 各等级稳定性存在差异,高建筑区的稳定性最强。其中,2002 年,高建筑区的稳定性最强,指数为 0.289 9,较高建筑区稳定性其次,低建筑区最不稳定,指数仅为 0.003 1,表明此等级极易受外界干扰。2007 年,重庆都市区 NBDI 各等级稳定性结构与 2002 年有所改变,其中稳定性最强与最弱的依然为高建筑区与较高建筑区,而中度建筑区与较高建筑区稳定性则低于较低稳定区。2010 年,重庆都市区 NBDI 各等级稳定性表现为高建筑区>较低建筑区>中度建筑区>较高建筑区>低建筑区。

对比 2002 年和 2007 年重庆都市区 NBDI 各等级稳定性指数,低建筑区的稳定性增加,其他等级稳定性都减弱。在所有等级中,稳定性降低最多的是较高建筑区,降低了 0.077 9,表明其受其他干扰较大。2007—2010 年,低建筑区与较低建筑区的稳定性增加,其中,低建筑区稳定性增加了 0.059 2,说明重庆都市区的生态改造与保护工程作用效果明显;中度建筑区与较高建筑区的稳定性降低,但改变较小。整体分析,从变化的情况来看,重庆都市区 2002—2010 年间 NBDI 各等级斑块的稳定性变化较小。

根据稳定性与分形维数的关系,NBDI 图斑分形维数在越接近 1.5 的时候越不稳定;分形维数小于 1.5 时,NBDI 各等级图斑分形维数增加,其稳定性降低;分形维数大于 1.5,斑块分形维数增加,其稳定性也增加。

因此,土地利用规划与城市规划,应结合分形统计分析,严格控制城市的发展形态以及对生态的保护。

4 结 论

(1) 重庆都市区 NDBI 2002—2010 年发生了显著变化,中低建筑区减少,高建筑区增加,主要是因为近几年重庆城市化的大力发展所导致。

(2) 在空间分布上,巴南区的建筑指数明显低于其他区域,九龙坡区以及渝北区的建筑指数相对较高。

(3) 通过对重庆都市区 NDBI 的研究发现,低建筑区的斑块复杂程度(即分维数)高于高建筑区;2002—2007 年,低建筑区分形维数降低,其他等级的分形维数在增加,2007—2010 年,低建筑区、较低建筑区以及高建筑区分维数降低,而中度建筑区与较高建筑区的分维数增加。

(4) 高建筑区域的稳定性高于低建筑区,主要是建设用地相对集中,斑块形状较为规整,从而受外界的干扰较小;2002—2007 年低建筑区的稳定性增加,其他等级稳定性减弱,2007—2010 年,低建筑区与较低建筑区的稳定性增加,中度建筑区与较高建筑区的稳定性降低。

参考文献:

[1] 李建,杨昆. 基于 NDBI 提取城镇用地的最佳时相遥感影像研究:以郑州市为例[J]. 数字技术与应用,2013(1): 79-80.

(上接第 110 页)

[2] 《中国土地资源生产能力及人口承载力研究》课题组. 中国土地资源生产能力及人口承载力研究[M]. 北京:中国大学出版社,1991:1-125.

[3] 杨亮,吕耀,郑华玉. 城市土地承载力研究进展[J]. 地理科学进展,2010,29(5):593-600.

[4] 岳晓燕,宋伶俐. 土地资源承载力研究方法的回顾与展望[J]. 水土保持研究,2008,15(1):254-257.

[5] 郑振源. 中国土地人口承载潜力研究[J]. 中国土地科学,1996,10(5):32-35.

[6] 陈百明. 中国农业资源综合生产能力与人口承载能力[M]. 北京:气象出版社,2000:15-20.

[7] 谭波,傅瓦利. 基于生态足迹的巫山县土地承载力研究[J]. 水土保持研究,2010,17(5):105-113.

[8] 郭秀锐,毛显强. 中国土地承载力计算方法研究综述[J]. 地球科学进展,2000,15(6):705-711.

[2] 吴宏安,蒋建军,周杰,等. 西安城市扩张及其驱动力分析[J]. 地理学报,2005,60(1):143-150.

[3] 杨存建,周成虎. 基于知识发现的 TM 图像居民地自动提取研究[J]. 遥感技术与应用,2001,16(1):1-6.

[4] 查勇,倪绍祥,杨山. 一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法[J]. 遥感学报,2003,7(1):37-40.

[5] 陈志强,陈健飞. 基于 NDBI 指数法的城镇用地影像识别分析与制图[J]. 地球信息科学,2006,8(2):137-140.

[6] 吴宏安,蒋建军,张海龙,等. 比值居民地指数在城镇信息提取中的应用[J]. 南京师大学报:自然科学版,2006,29(3):118-121.

[7] 杨山. 发达地区城乡聚落形态的信息提取与分形研究:以无锡市为例[J]. 地理学报,2000,55(1):671-678.

[8] Zha Y, Gao J, Ni S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003,24(3):583-594.

[9] 李建辉,周启刚,陈倩,等. 基于 RS 和 GIS 的建设用地变化研究:以重庆市主城九区为例[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2012,29(01):76-81.

[10] Mandelbrot B B. The fractal geometry of nature[M]. W. H. Freeman, 1982.

[11] 王东升,汤鸿霄,栾兆坤. 分形理论及其研究方法[J]. 环境科学学报,2001(6):10-16.

[12] 王平,卢珊,杨光,等. 地理图形分析方法及其在土地利用研究中的应用[J]. 东北师大学报:自然科学版,2002,34(1):93-99.

[13] 黄登仕,李后强. 分形几何学 R/S 分析与分式布朗运动[J]. 自然杂志,1992,13(8):477-478.

[9] 任志远,李晶,周忠学,等. 关中-天水经济区人口发展功能区划研究[M]. 北京:科学出版社,2012:49-86.

[10] 封志明. 中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障[J]. 人口研究,2007,31(2):15-29.

[11] 刘阳,延军平. 1960-2009 年汉中市气候变化特征及未来趋势[J]. 气象与环境学报,2011,27(3):45-49.

[12] 张静,马彩虹,王启名,等. 汉中市土地利用变化的动态研究[J]. 水土保持研究,2012,19(1):112-116.

[13] 危锋,常庆瑞,郑顺安. 汉中市退耕还林与可持续发展[J]. 西北林学院学报,2006,21(4):13-17.

[14] 陈印军,易小燕,方琳娜,等. 中国耕地资源及其粮食生产能力分析[J]. 中国农业资源与区划,2012,33(6):4-10.

[15] 罗雁文,魏晓,王良健. 湖南省各市(州)土地资源承载力评价[J]. 经济地理,2009,29(2):284-289.