

汉江水源地土地资源承载力时空格局研究

张 静¹, 秦公伟²

(1. 陕西理工学院 历史文化与旅游学院, 陕西 汉中 723001; 2. 陕西理工学院 生物与工程学院, 陕西 汉中 723001)

摘 要:从粮食、耕地、人口的角度出发,利用土地承载模型、土地承载指数和趋势分析法,借助 GIS 技术,研究了汉中市县域尺度土地承载力的时空变化特征,并预测了该市 2020 年耕地资源承载潜力。结果表明:(1)从时间上来看,20 世纪 90 年代汉中市土地承载处于人粮基本平衡状态,2000 年以后土地承载指数开始上升,人粮关系出现紧张,截至 2010 年表现为土地过载现象。(2)空间来看,宁强、略阳、西乡自 20 世纪 90 年代始人口就略显超载,山区县由农业生产粗放的经营转为多种因素综合作用下的区域粮食安全隐患。(3)对比 2020 年全国粮食作物单产为 5 370~5 810 kg/hm²,加快农业内部结构调整,加强农业科技投入力度,可在区域范围内保证粮食安全。

关键词:土地承载力; 时空差异; 汉江水源地; 汉中市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0106-05

Study on Spatiotemporal Variation of Land Carrying Capacity in the Upper Basin of Hanjiang River

ZHANG Jing¹, QIN Gong-wei²

(1. School of History and Tourism, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China;

2. School of Biological Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China)

Abstract: Hanzhong was taken as the example. From the view of population, cultivated land and yield of grain, LCC and LCCI were used to study the temporal and spatial variation of land carrying capacity based on the dimension of the county and pre-estimated the production potential of land in 2020. The results showed that: (1) from time perspective, 1990's LCC of Hanzhong was adequate yield of grain. LCCI of Hanzhong had increased since 2000 and the status quo of LCC was overloaded till 2011; (2) from space perspective, Ningqiang, Lueyang, Xixiang County have been a little of insufficient amount since 1990, extensive production in agriculture was converted into hidden danger of food security under comprehensive effect of many factors in mountainous area; (3) compared to 5 370~5 810 kg/hm² of grain yield in 2020, speeding up the adjustment of agricultural structure, strengthening the agricultural investment in science and technology will ensure food security in this region.

Key words: land carrying capacity; spatiotemporal variation; source region of Hanjiang River; Hanzhong City

经济的飞速发展和城市化进程的加快,使人类赖以生存的耕地资源不断向非农用地进行转移,耕地资源锐减,人地矛盾日益突出,表现为区域粮食安全问题加剧。耕地既是重要的生产要素,也是粮食安全保障的根基^[1],保证一定数量和质量的耕地资源,是稳定粮食生产和保障农业发展的基础。因此,粮食安全保障和土地资源承载力研究越来越受到广泛关注。我国土地承载力研究源自 20 世纪 80 年代,其中最具有代表性的是《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》。其发展趋势:(1)由基于“耕地—粮食—人口”

关系为主的土地承载力向土地生产潜力转变;(2)由单一指标的测算发展为综合指标的测算。(3)21 世纪以来,RS 和 GIS 技术广泛应用于土地承载力研究,既提高了土地承载力研究的技术手段和方法,又促进时空结合直观地反映其变化特征^[2-8]。汉江水源地位于秦巴山区,既是我国南水北调中线工程水源地,又是全国生态功能保障区。其自然灾害频发,耕地资源有限。为了保证区域粮食安全和城市的可持续发展,有必要开展土地资源承载力的研究,以期为区域人口政策的制定和土地利用的优化提供科学支

撑,更好地实现水源涵养和生态环境保护功能,促进区域可持续发展。

1 研究区概况

汉中市位于陕西省西南部,地处秦巴山区西段,北依秦岭,南屏巴山,属川、陕、甘三省毗邻地区。东西长 258.6 km,南北宽 192.9 km,土地总面积27 246 km²,汉中盆地海拔在 500 m 左右。地貌类型多样,以山地为主,占总土地面积的 75.2%(其中低山占 18.2%,高中山占 57.0%),丘陵占 14.6%,平坝占 10.2%。气候温和湿润,年平均气温 14.2℃,年平均降水量 952.8 mm。全市辖汉台区和南郑、城固、洋县、勉县、西乡、略阳、宁强、镇巴、留坝、佛坪十县一区。截至 2010 年,总人口 381.53 万人,其中非农人口 76.90 万人。地区生产总值 509.7 亿元,三次产业结构 21.66:39.14:39.20。年末实有耕地 20.359 万 hm²,人均占有耕地为 0.053 4 hm²。

2 数据来源与研究方法

本文以区县为基本研究单元,利用土地资源承载

力的数学模型和方法^[9],建立各县区耕地—粮食—人口承载力数学模型;同时运用趋势分析法,预测该市未来土地承载力状况。其中,数据主要源自《汉中市统计年鉴》和《陕西省统计年鉴》。

2.1 耕地—粮食—人口承载力测算模型

(1) 土地资源承载力(Land Carrying Capacity, LCC)模型: $LCC=G/G_{pc}$

(2) 土地承载力指数(Index of Land Carrying Capacity, LCCI)模型: $LCCI=P_a/LCC$;

(3) 人粮关系模型:当 $LCCI\leq 1$, $R_g=(1-LCCI)\times 100\%$ 或当 $LCCI\geq 1$, $R_p=(LCCI-1)\times 100\%$

式中:LCC——土地资源现实承载力(人);G——土地生产力(kg),以各年粮食总量计;G_{pc}——人均粮食消费标准,1990—1999 年为 370 kg/人,2000—2010 年为 400 kg/人计^[9-10];LCCI——土地资源承载指数;P_a——当年人口总量(人);R_p——土地超载率;R_g——粮食盈余率。

2.2 土地资源承载力评价标准

根据土地资源承载指数和人粮平衡关系,将其划分为 3 个大类,共 8 个级别,如表 1 所示。

表 1 基于 LCCI 的耕地产量承载力分级评价标准^[9]

土地资源承载力		土地资源承载力评价指标		人均粮食/kg
类型	级别	LCCI	R _g /R _p	
粮食盈余	富富有余	LCCI≤0.5	50%≤R _g	≥800
	富余	0.5<LCCI≤0.75	25%≤R _g <50%	533~800
	盈余	0.75<LCCI≤0.875	12.5%≤R _g <25%	457~533
人粮平衡	平衡有余	0.875<LCCI≤1	0≤R _g <12.5	400~457
	临界超载	1<LCCI≤1.125	0≤R _p <12.5	356~400
土地超载	超载	1.125<LCCI≤1.25	12.5≤R _p <25	320~356
	过载	1.25<LCCI≤1.5	25≤R _p <50	267~320
	严重超载	LCCI>1.5	50≤R _p	267

3 结果与分析

3.1 汉中市人口—粮食—耕地基本概况

20 世纪 90 年代以来,汉中市人口逐年增加,城市城镇用地开始扩张,随之产生了耕地数量的持续递减,粮食产量也出现波动性下降,如图 1 所示。具体表现为:(1) 总人口从 1990 年的 358.91 万人增加到 2010 年的 381.53 万人,净增 22.62 万人,年增长率为 0.3%;(2) 耕地数量从 1990 年的 26.498 万 hm² 减少到 2010 年的 20.359 万 hm²,净减 6.041 万 hm²,年递减率为 1.08%;(3) 粮食产量从 1990 年的 141.32 万 t 减少到 2010 年的 114.13 万 t,净减 27.19 万 t,年递减率为 0.92%。人均拥有粮食由 1990 年

的 390 kg/人,下降为 300 kg/人。这些数据表明:(1) 汉中市耕地减少速度明显快于人口增加速度。随着人口的持续增加,势必加剧耕地资源短缺的压力现状。同时,在一定生产力水平下,耕地数量的绝对减少势必引起粮食总量的减少,危及人均粮食占有量,导致耕地—粮食—人口之间的矛盾进一步激化。(2) 粮食产量递减速度略低于耕地减少速度,快于人口增加速度,使人均粮食占有量急剧下降。为保障区域粮食产量,当耕地数量下降时,必须加大农业生产投入,如提高农业机械化水平和农业科技含量、增加农用化肥使用量等。当这一生产投入过大,势必导致能源的消耗和生态环境质量的下降,从而使农业生产走上了恶性循环之路。

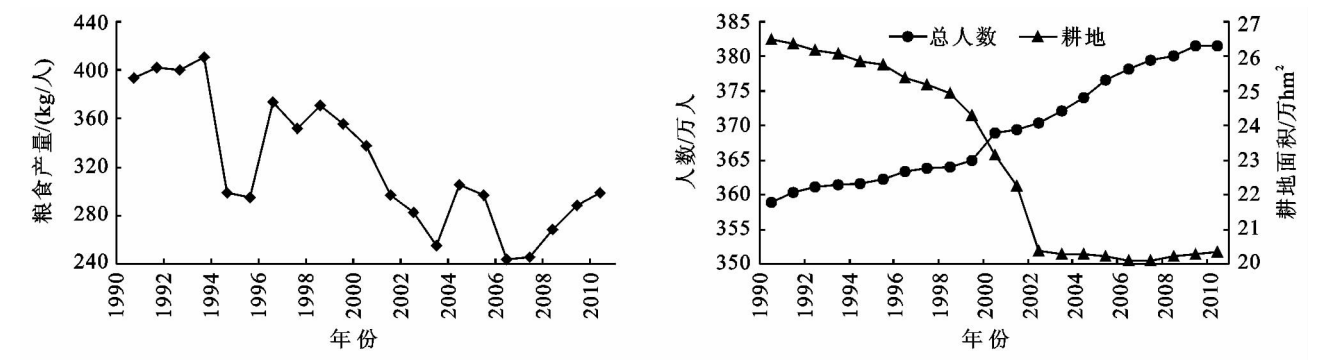


图 1 汉中市 1990—2000 年总人口、耕地面积、人均粮食产量变化情况

3.2 土地承载力的时间变化特征

根据耕地—粮食—人口承载力测算模型,所得如表 2 所示。20 世纪 90 年代初,汉中市土地资源承载力 $0.875 < LCCI \leq 1$,人粮关系基本平衡;90 年代中后期,耕地—粮食—人口处于相对平衡状态,时有粮

食缺口出现;21 世纪以来 $LCCI \geq 1.19$,出现了土地超载现象。人口数量的增加和人均消费粮食水平的提高,粮食缺口逐年上升,人地关系、人粮关系表现为紧张态势,时有土地严重超载现象。

表 2 1990—2000 年汉中市土地资源承载力指数和评价结果

年	总人口/万人	LCC	超载人数	LCCI	人均粮食/(kg/人)	容量评价
1990	358.91	381.96	−23.05	0.94	393.76	平衡有余
1991	360.28	391.38	−31.10	0.92	401.94	平衡有余
1992	361.14	391.05	−29.91	0.92	400.65	平衡有余
1993	361.43	401.45	−40.02	0.90	410.96	平衡有余
1994	361.54	292.12	69.42	1.24	298.96	土地超载
1995	362.26	288.76	73.50	1.25	294.93	土地超载
1996	363.29	366.83	−3.54	0.99	373.60	临界超载
1997	363.8	345.92	17.88	1.05	351.81	临界超载
1998	363.96	365.15	−1.19	1.00	371.21	临界超载
1999	364.9	351.17	13.73	1.04	356.08	临界超载
2000	368.93	311.24	57.69	1.19	337.45	土地超载
2001	369.48	274.39	95.09	1.35	297.06	土地过载
2002	370.44	261.41	109.03	1.42	282.27	土地过载
2003	372.12	237.43	134.69	1.57	255.22	土地严重超载
2004	373.99	285.39	88.60	1.31	305.24	土地过载
2005	376.56	279.22	97.34	1.35	296.61	土地过载
2006	378.17	230.04	148.13	1.64	243.32	土地严重超载
2007	379.37	233.07	146.30	1.63	245.74	土地严重超载
2008	380.14	255.29	124.85	1.49	268.63	土地过载
2009	381.55	274.67	106.88	1.39	287.95	土地过载
2010	381.53	285.32	96.21	1.34	299.14	土地过载

如图 2 所示,结果表明:(1) 在 2000 年以前汉中市土地承载力(LCC)曲线比实际总人口(Total Population,TP)曲线高,说明汉中市耕地—粮食—人口处于相对平衡状态,且人均拥有粮食比现实承载力 370 kg/人略高。(2) 2000 年以后,汉中市实际总人口(TP)曲线比土地承载力(LCC)曲线明显高,说明耕地—粮食—人口失衡,人地、人粮矛盾开始出现。(3) 土地承载力指数(LCCI)曲线持续上升,近年来有

所下降。总体表现为 5 个阶段:1990—1994 年的平稳阶段,1995—1997 年的突变阶段,1997—2003 年的持续上升阶段,2004—2005 年的突变阶段,2006 年至今的持续下降阶段。LCCI 的突变点和粮食产量、人均拥有粮食产量的突变点刚好是吻合的。说明粮食产量的变化直接影响土地承载的人口规模。但粮食产量的变化除了受生产投入的影响外,还受气候变化与自然灾害的影响,已有成果证明了此观点^[11-12]。

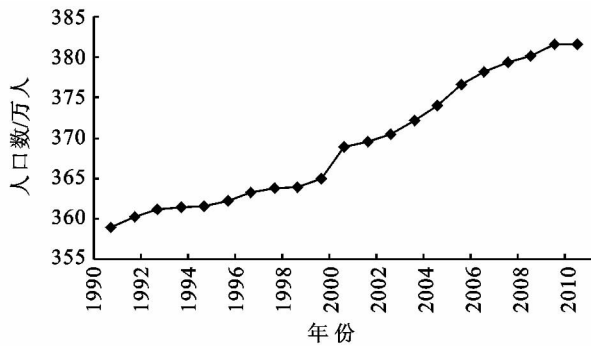
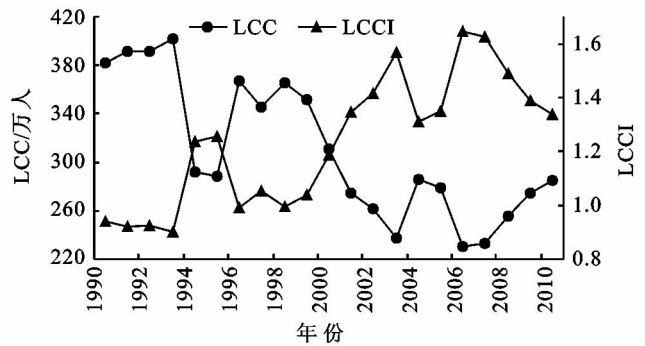


图2 汉中市1990—2010年总人口、土地承载力和土地承载力指数变化情况



3.3 土地承载力的空间变化特征

如图3所示,其空间表现为:(1)在20世纪90年代初,城固、勉县、南郑的LCCI位于 $0.8 \sim 0.875$ 之间,粮食处于盈余状态,人们有足够的粮食满足生活需求,汉中盆地主要分布于汉台区和与其相连的这三县之处,地势平坦,水资源丰富,土壤肥沃,具有悠久的农耕历史,且经济在各县中较好,所以农业发达,发展潜力较大。略阳、镇巴、宁强、佛坪、西乡的LCCI值分别为 $1.34, 1.32, 1.22, 1.17, 1.14$,表现为土地超载现象,粮食缺口出现,人口部分超载突出,人口—粮食—土地之间的矛盾开始出现。这些地区位于汉中市边远山区,自然灾害多,耕地面积少,土壤贫瘠,且受山区气候影响,农作物生长周期短,大部分处于广种薄收的状态,粮食明显不足,生活质量差,社会条件差。市政府所在地汉台区LCCI为 1.06 ,该区是政治、经济、文化中心,但地处西部省际毗邻地区,经济不发达。由于该区域位于汉中盆地核心,土地质量好,在90年代人口、土地和粮食相对平衡,处于临界超载状态。留坝的LCCI为 1.09 ,位于山区,人少、地少、经济差,在当时人口—土地—粮食相对均衡发展。(2)自1999年西部大开发以后,各县区的LCCI都明显上升,汉台区土地严重超载,经济的发展和农业人口的增加,城市建设占用农地,致使粮食播种面积和粮食总量下降。城固和南郑比其他各县经济发展速度快和人口的增加幅度也大,致使土地超载。截至2010年,汉台区、略阳和西乡土地严重超载,只有洋县和勉县粮食产量基本能够保障当地居民的生活需求。其他各县已出现不同程度的土地过载现象,如图4所示。

其中,镇巴县粮食安全由1990年的土地过载转为2000年的临界超载。该年耕地 2.228 万 hm^2 ,粮食总产量 10.40 万 t ,人口总量 27.37 万人。相比其他年份耕地减少幅度较大,人口总量不增反减,人均拥有粮食 379.90 $\text{kg}/\text{人}$ 比当年平均水平 337.45 $\text{kg}/\text{人}$ 还高,致使该年转为临界超载。主要在于1999年汉中开始实施退耕还林工程,以生态环境建设优先,加强了水土保持工作,虽然耕地面积数量减少,但耕地质量有所提高,受灾面积减少^[13]。还有西乡和略阳在2001—2002年耕地资源也大幅减少,这两年分别减少了 0.773 万 hm^2 和 0.791 万 hm^2 ,此后缓慢下降。

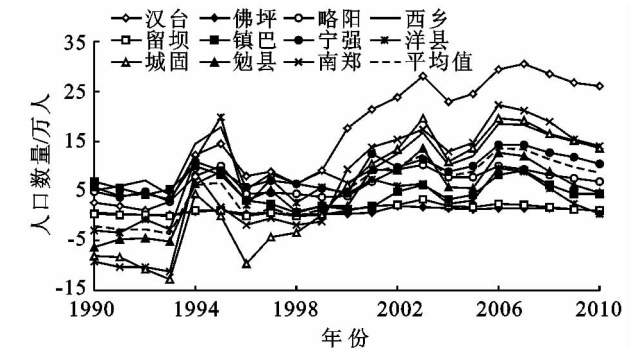


图3 汉中市1990—2010年各县区超载人口数量趋势

农业生产的自然条件差异使各县农业生产能力差异较大,土地承载力差异时空格局变化明显。20世纪90年代汉中市经济发展较慢,人口增长压力较小。自西部开发,只有经济发达的汉台、城固、南郑依次表现为较强的人口增长压力。耕地面积的大幅减少主要是在陕西省实施退耕还林还草政策时期,之后逐年减少的幅度较小。粮食总产量在20世纪90年代末期到2003年以前经历了一次大幅度减少,2004年一系列有关农业、农村、农民政策的实施,促进农民种粮积极性的提高,2006年以后又小幅度上升。从以上分析得出:(1)20世纪90年代初期,经济发展较慢,为了保证粮食需求,农业生产大部分广种薄收;(2)20世纪90年代末,生态环境的建设使耕地数量减少,但一定程度上加强了粮食生产保障;(3)21世纪以来,人口的增加和城镇化的推进使耕地数量减少,但农业生产的科学化和农业结构的优化使农业生产在保障一定耕地数量的情况下,农业生产水平有所提高。

4 预测模型和分析

4.1 预测模型的选取

考虑到区域粮食的内部平衡和农业生产的功能分区,本文只进行区域人口、耕地、粮食的模拟和预测,以便衡量未来区域粮食安全问题,其预测模型如下:

(1) 人口预测模型: $Y=355.833\times1.0033^t$, Y 为理论人口总数, $R=0.9818$, t 为自然数 $1,2,\cdots,n$,表示时间序列。

(2) 耕地预测模型: $Y=278.3698\times e^{-0.0177t}$, Y 为理论耕地总量, $R=0.9418$, t 为自然数 $1,2,\cdots,n$,表

示时间序列。

(3) 粮食产量预测模型: $Y=150.788-4.341t+t^2$, Y 为理论粮食产量, $R=0.7637$, t 为自然数 $1,2,\cdots,n$,表示时间序列。

4.2 预测结果

据相关研究表明^[10,14-15],2020 年我国人均粮食消费水平为 400~450 kg/人,按照这样的消费水平,计算出汉中市实际承载人口范围。同时按照国际人均耕地警戒线 0.053 3 hm²/人的水平,结合占补平衡原则,计算出在相应人口数量下耕地资源总需求量,其结果如表 3 所示。

表 3 汉中市 2011—2020 年可承载人口数量和耕地需求量的预测

年份	预测耕地/ 万 hm ²	预测总 人口/万人	预测粮食/ 万 t	实际承载人口范围				耕地需求 量/万 hm ²	耕地缺口/ 万 hm ²
				450 kg/人	LCCI	400 kg/人	LCCI		
2011	18.854	382.96	103.57	230.15	1.66	258.92	1.48	20.297	1.443
2012	18.523	384.25	103.72	230.48	1.67	259.29	1.48	20.365	1.842
2013	18.198	385.53	104.06	231.25	1.67	260.16	1.48	20.433	2.235
2014	17.879	386.82	104.61	232.47	1.66	261.53	1.48	20.502	2.623
2015	17.565	388.12	105.36	234.13	1.66	263.39	1.47	20.570	3.005
2016	17.256	389.41	106.30	236.23	1.65	265.76	1.47	20.639	3.383
2017	16.953	390.72	107.45	238.78	1.64	268.63	1.45	20.708	3.755
2018	16.656	392.02	108.80	241.77	1.62	271.99	1.44	20.777	4.121
2019	16.363	393.34	110.34	245.20	1.60	275.85	1.43	20.847	4.483
2020	16.076	394.65	112.09	249.08	1.58	280.21	1.41	20.917	4.840

对汉中市未来的土地承载力指数进行计算,其值为 1.41~1.67,其人均粮食拥有量为 265~285 kg/人。结果表明:未来土地处于过载状态,甚至超载状态,粮食缺口较大,人口超载严重,人口—粮食—耕地之间的关系进一步激化。目前汉中市单位耕地产量为 5 148 kg/hm²,对比 2020 年全国粮食作物单产为 5 370~5 810 kg/hm²^[14],有待农业生产的进一步提高。同时在现有土地资源利用状态下,必须严格控制城市建设用地,保护基本农田不征用,有序开展土地整治工作,加强土地管理和执法力度。

5 结论与讨论

汉中是汉水流域上游城市,对该区域土地承载力的研究,有助于区域土地资源的合理开发和利用,有助于产业结构的调整、生态环境的建设及相关人口政策的实施。从上述研究显示:

(1) 根据不同时期人均粮食需求标准,20 世纪 90 年代汉中市耕地—粮食—人口之间处于人粮平衡状态,截至 2010 年该区域人均拥有耕地 0.053 4 hm²/人,濒临国际人均耕地警戒线,耕地—粮食—人口间的矛盾越来越激化。

(2) 从空间上来看,汉中盆地区自然条件优越,

已由粮食盈余转为人口超载状态,山区县由于农业生产粗放,农业产量不高,人口承载力过高转为多种因素综合作用下的区域粮食安全隐患。

(3) 对比 2020 年全国粮食作物单产为 5 370~5 810 kg/hm²,该区域应加快农业产业内部结构调整,加强农业科技投入力度,提高农业生产率,将在区域范围内保证粮食安全。

汉中市具备优越的自然环境,坚持积极“发展绿色产业”的战略。一是遵循循环经济发展理念,加强高科技、低污染、高经济的工业生产;二是加强山区环境治理,有序稳步地进行生态移民工程,落实生态补偿经费,保护区域生态环境,保障国家生态屏障效益;三是加快交通建设,积极发展第三产业,提高服务质量,建立区域经济网络链;四是在人口政策的有效实施下,严格保护耕地,重视对土地资源的保护与修复,既提高粮食产量,满足区域人口粮食需求,又达到了土地资源合理利用的目标,最终实现经济—社会—生态的可持续发展。

参考文献:

- [1] 葛向东,张侠,彭补拙,等.耕地存量临界警戒和耕地非农占用成本的警度修正方法初探[J].地理科学,2002,22(2):166-170.

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.