

甘肃省土地利用综合效益空间分异研究^①

潘竟虎, 石培基

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要: 以甘肃省 87 个区县 2006 年土地利用状况为依据, 建立了包括 17 个评价因子的土地利用综合效益评价指标体系。在此基础上, 采用因子分析法和空间自相关分析, 对甘肃省各县土地利用综合效益及其空间分异进行了评价。结果表明: 甘肃省各县区土地利用综合效益空间差异明显, 集约利用、生态和粮食安全因子存在显著的空间自相关, 土地集约利用分异程度最大。研究结果对制定差异化土地利用战略从而实现甘肃省土地资源的合理利用与调控, 促进区域之间以及社会、经济与生态环境的协调发展具有参考意义。

关键词: 土地利用综合效益; 空间分异; 空间自相关; 甘肃省

中图分类号: F321; P208

土地利用效益是指土地在数量、质量的空间和时间上安排、使用和优化, 从而带来的经济、社会、生态和环境效益的总和^[1]。土地利用效益越高, 说明土地资源优化配置越合理, 土地投入的资源价值得到了较高水平的实现, 即土地资源节约利用的水平也高。由于同一地区不同时期或不同地区同一时期, 人类利用土地的能力及其需求具有差异性, 因此土地利用效益具有随时空变化而变化的特性^[2]。土地利用效益评价对实现土地资源的合理利用与调控, 以及促进社会经济的持续、协调发展具有重要作用^[3]。因此, 土地利用效益评价一直以来就是广泛研究的热点问题。但研究多集中在经济效益、社会效益或生态效益的单项评价^[4-6], 综合评价研究较少。研究方法有因子分析法^[4]、相关分析法^[7]、熵权综合评价法^[8]等, 但缺乏空间视角, 无法表达空间上的趋同或分异特征。甘肃省地形狭长, 地貌类型多样, 土地利用方式和效益迥异, 鉴于此, 本文以甘肃省 87 个县(市、区)为基本研究单元(图 1), 借助 GIS 软件和空间自相关方法, 对其土地利用综合效益进行分析评价, 研究其空间分异特征, 对认识区域土地利用问题并制定相应措施, 提高土地利用综合效益具有重要意义。

1 研究方法

1.1 评价指标体系的构建

为客观、全面、科学地衡量土地利用综合效益,

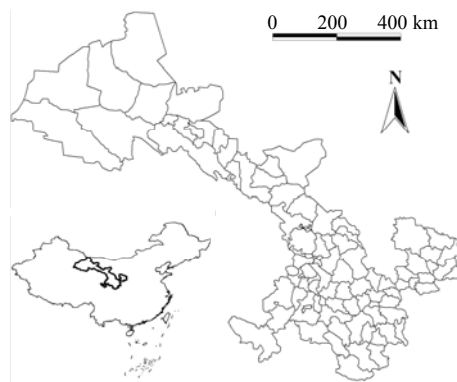


图 1 甘肃省区位图

Fig.1 Location of Gansu Province

本文在科学性、可操作性、系统性、全面性和独立性等原则的指导下^[9], 综合考虑区域经济社会发展和土地利用特点, 建立了一个包括社会效益、经济效益和生态环境效益 3 个方面共 17 个具体指标的土地利用综合效益评价指标体系(表 1)。

1.1.1 社会效益指标 土地利用社会效益是指土地利用对社会需求的满足程度与相应产生的社会影响^[10], 主要由如下指标具体反映: 人口密度 X_1 , 指区域内单位土地面积承载的人口总数, 以每平方公里的居民人数来表示; 城镇人口比重 X_2 , 反映城镇化水平; 农村居民人均收入 X_3 和人均 GDP X_4 , 直接或间接反映居民的生活水平; 人均粮食拥有量 X_5 , 反映土地利

①基金项目: 国家社科基金重点项目(08AMZ003)、甘肃省自然科学基金项目(0710RJZA104)和西北师范大学科技创新工程项目(NWNU-KJCXGC-03-60)资助。

作者简介: 潘竟虎(1974—), 男, 甘肃嘉峪关人, 讲师, 博士研究生, 主要从事空间经济分析研究。E-mail: panjh_nwnu@nwnu.edu.cn

表1 土地利用综合效益评价指标体系与统计值

Table 1 System and statistic indexes of comprehensive land use efficiency evaluation

评价目标	评价指标	变幅	平均值	标准差
社会效益	人口密度 (人/km ²)	0.17 ~ 4724.47	255.63	630.18
	城镇人口比重 (%)	4.14 ~ 87.65	23.64	20.84
	农民人均纯收入 (元)	1 083.32 ~ 8 116.48	2 592.46	1 438.52
	人均GDP (元)	1 701 ~ 61 648	9 985.89	11 824.64
	人均粮食拥有量 (kg)	0 ~ 1 098.86	316.24	211.97
	交通用地比例 (%)	0.01 ~ 1.74	0.30	0.29
经济效益	地均GDP (万元/km ²)	0.70 ~ 10 976.82	357.06	1 349.00
	地均财政收入 (万元/hm ²)	0.06 ~ 256.85	8.60	31.80
	单位面积消费品零售额 (万元/km ²)	0.07 ~ 8 350.38	173.50	924.86
	单位农用地一产增加值 (万元/km ²)	2.71 ~ 481.12	61.74	77.36
	单位建设用地二三产业增加值 (万元/km ²)	54.96 ~ 40 549.55	3 713.84	6 691.80
	粮食作物单产 (kg/hm ²)	0 ~ 12 488.52	4 200.92	2 799.35
生态环境效益	生物丰度指数 (%)	5.57 ~ 100	51.71	22.04
	植被盖度指数 (%)	7.57 ~ 100	63.78	24.82
	水域面积比例 (%)	0.01 ~ 3.22	0.57	0.64
	农地退化程度指数 (%)	36.44 ~ 94.93	61.28	11.92
	环境质量指数 (%)	39.63 ~ 99.99	96.23	10.91

注：数据根据甘肃省及各市州统计年鉴（2006）、甘肃省土地利用变更调查数据（2006 年）计算整理。

用对人类食物需求的满足程度；交通用地比例 X_6 ，在一定程度上反映地区交通便捷程度。上述指标均为正效指标，即指标值越大，土地利用效益越高。

1.1.2 经济效益指标 土地利用经济效益指土地利用过程的劳动消耗和劳动占用与所产出的符合社会需要的产品量或价值量的比较^[4]。主要由地均GDP X_7 、地均财政收入 X_8 、地均消费品零售额 X_9 、地均农用地一产增加值 X_{10} 、地均建设用地二三产业增加值 X_{11} 和粮食作物单产 X_{12} 等相对指标构成。

1.1.3 生态环境效益指标 土地利用生态环境效益指土地利用活动对生态过程及环境质量的影响和改善程度。根据国家环保总局颁布的《生态环境状况评价技术规范（试行）》^[11]，并考虑到数据的可获取性，主要选择生物丰度 X_{13} 、植被盖度 X_{14} 、水域面积比例 X_{15} 、农地退化指数 X_{16} 、环境质量指数 X_{17} 等综合性指标。生物丰度指数反映土地利用对土地生态系统生物丰富程度或生物多样性的影响，限于篇幅，计算方法详见文献^[11]，各类土地利用面积来源于2006年甘肃省土地利用变更调查数据，其中高覆盖度草地以改良草地和人工草地代替，中覆盖度草地以天然草地代替，低覆盖度草地以荒草地代替。植被盖度指数反映被评价区域植被覆盖程度，计算方法见文献^[11]。水域面积

比例反映被评价区域水资源的丰富程度。农地退化指数反映了土地利用对土地质量的影响。选择农地侵蚀程度、盐渍化程度和单位耕地面积化肥施用量3个指标，等权重赋值。环境质量指数反映土地利用对环境质量的影响程度，由单位面积二氧化硫排放量、化学需氧量（COD）与区域年均降雨量的比值、单位面积固体废物排放量3个指标衡量。

1.2 土地利用效益评价方法

采用多元统计中的因子分析法对甘肃省87个区县2006年的土地利用经济效益进行分析。虽然众多指标可以全面把握和认识研究对象，但也可能导致共线性和重叠等问题的出现。因此，本研究采用因子分析法中的主成分分析法。主成分分析是一种能够在保持样本高维空间结构的情况下通过研究多个指标矩阵的内部依赖关系，找出控制所有指标的（公因子），把所有指标变量表示为公因子的线性组合，以表现原始变量与公因子之间的关系的多元统计方法。SPSS软件会自动对原始数据进行标准化处理，运用SPSS13对标准化后的数据 M_{ij} 进行因子分析初始解，利用主成分分析法构造因子变量，得到各因子方差贡献及累计贡献率，经Bartlett 球体检验， χ^2 统计值的显著性概率为0.000，<1%，说明指标具有相关性，可以进行主成分分析，

检验样本数据简单相关系数与偏相关系数的相对校正值 (KMO系数) 为 0.768, 满足因子分析要求。按照特征值大于 1 以及累积贡献率大于 80% 的原则提取主成分因子^[12], 前 4 个主成分方差贡献率分别为 47.96%、17.02%、8.01% 和 7.23%, 累计贡献率已达 80.22%, 即保留了原有指标 80.22% 的信息; 其特征值分别为 8.154、2.893、1.362 和 1.229, 因此只选取前 4 个主成分即可。方差极大化 (varimax) 旋转后前 4 个因子在各变量上的载荷见表 2。

表 2 旋转后的因子载荷矩阵
Table 2 Rotated component load matrix

指标	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
X_1	0.933	0.107	0.031	-0.104
X_2	0.389	0.174	0.743	-0.173
X_3	0.392	0.532	0.583	0.102
X_4	0.103	0.327	0.907	-0.086
X_5	-0.193	0.040	-0.144	0.929
X_6	0.449	0.147	0.259	-0.087
X_7	0.927	0.098	0.223	-0.063
X_8	0.955	0.105	0.155	-0.078
X_9	0.977	0.077	0.087	-0.041
X_{10}	0.202	0.446	0.180	-0.079
X_{11}	0.658	0.110	0.579	-0.129
X_{12}	-0.048	0.268	0.209	0.260
X_{13}	-0.093	-0.958	-0.188	0.013
X_{14}	-0.128	-0.934	-0.202	-0.047
X_{15}	0.301	0.074	0.009	-0.092
X_{16}	-0.058	-0.105	-0.029	0.109
X_{17}	-0.694	-0.113	-0.450	0.168

根据分析结果得出的旋转后的因子载荷矩阵可知 (表 2), 第 1 因子在地均消费品零售额、地均财政收入、人口密度和地均 GDP 等指标上载荷较大, 且影响为正向, 可概括为土地集约利用因子。第 2 因子在生物丰度和植被盖度指标上载荷较大, 且影响均为负向, 可概括为生态因子。第 3 因子在人均 GDP 和城镇人口比重指标上载荷较大, 可称为社会发展因子。第 4 因子只在人均粮食拥有量上载荷较大。以前 4 个因子的方差贡献率为权重, 计算各样本的综合得分。这样原来 17 项指标值就化简为 4 个表征指标。

2 结果与分析

2.1 因子值频率分布特征

概括性统计特征分析 (表 3) 表明: 甘肃省土地利用综合效益各因子值的频率分布都是偏态的, 数据背离中心性, 形态也缺乏对称性。土地集约利用因子值分布的区间值 (Range) 高于其他因子, 说明甘肃省各县区土地集约利用分异程度最大。4 个因子的偏斜系数 (Skewness) 均大于 0, 但中值小于均值, 说明有较多的低值数据集簇分布, 而高值数据离散分布。经济和人口因子的峰值系数远大于其他因子, 说明少数县的经济指标变异程度较大, 但大多数县呈集簇式分布。

2.2 空间自相关分析

2.2.1 全局空间自相关 全局空间自相关是对属性值在整个区域的空间特征的描述, 主要通过 Moran's I、Geary's C 和 Join Count 等全局空间自相关统计量的估计, 分析区域总体的空间关联和空间差异程度^[13]。采用 box-cox 变换使 4 个因子值的频率成正

表 3 甘肃省土地利用综合效益各因子的频率分布特征比较

Table 3 Comparison of different factor frequencies of comprehensive land use efficiency in Gansu Province

因子	数值分布指标			中心度指标			形态指标	
	区间值	最小值	最大值	平均值	中值	众数	偏斜系数	峰度
土地集约利用因子	9.135	-0.691	8.444	0	-0.114	-0.691	7.362	60.803
生态因子	4.788	-2.127	2.662	0	-0.057	-2.127	0.375	0.192
社会发展因子	5.386	-1.208	4.178	0	-0.193	-1.208	1.811	3.962
粮食安全因子	5.281	-1.686	3.596	0	-0.294	-1.686	1.275	1.875

态分布, 借助 GeoDA 软件计算甘肃省县域土地利用效益 4 个因子的全局空间自相关统计量 (表 4)。由表 4 可以得出: 集约利用、生态和粮食安全 3 个因子具有空间正相关, 且相关性显著。以 Moran's I 为例, 采用正态分布 95% 置信区间双侧检验阈值 1.98 为界限, 其

正态统计量远大于该值, 说明这 3 个因子具有空间集聚的特征, 即高值区域与高值区域相邻接, 低值区域与低值区域邻接。社会发展因子的空间相关特征不明显, 有较弱的空间负相关趋势存在, 即高值区域与低值区域交叉散布。

表4 土地利用效益各因子全局空间自相关检验

Table 4 Global spatial autocorrelation tests on the factors of land use efficiency

类型	因子	值	P值	Z值
Moran's I	集约利用	0.158	0.0001	8.480
	生态	0.497	0.0001	7.312
	社会发展	-0.001	不显著	0.906
	粮食安全	0.312	0.0001	6.788
Geary's C	集约利用	1.327	0.0001	6.186
	生态	0.678	0.0001	-6.079
	社会发展	0.955	不显著	-0.861
	粮食安全	0.827	0.0001	-3.273

2.2.2 局域空间自相关测度 为进一步揭示集约利用、生态和粮食安全因子在“邻域空间”的自相关性，

计算每个县的局域 Moran's I 值，在 ArcView GIS 中生成集约利用、生态和粮食安全因子局域空间自相关检验专题地图（图2）。以集约利用因子为例，局域自相关系数小于0的县有26个，这些县连片分布甘肃省中部的兰州、白银、临夏等市州，其土地集约利用水平表现出显著的内部差异性和外部差异性。局域自相关系数在0~0.1之间的县有46个，此类县集中分布于陇东、陇南和甘南，河西地区也有分布，其土地集约利用水平的内部差异较大，与外部的差异也较大。自相关系数在0.1~0.3之间的县有5个，除临夏县外，全部位于河西地区，这类县土地集约利用水平表现为内部差异性较小，与外部差异性较大。自相关系数大于0.3的县有10个，除临夏市外，全部位于酒泉和兰州，其土地集约利用水平表现出明显的整体上的内外差异性。

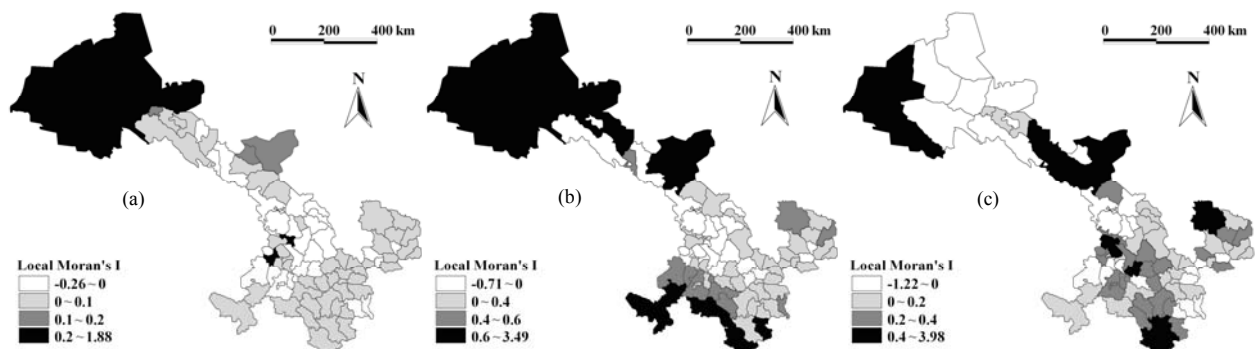


图2 各因子局域空间自相关检验图 (a.集约利用因子; b.生态因子; c.粮食安全因子)

Fig. 2 Local indicators of spatial association of factor score

2.2.3 局部空间自相关聚类 用 Moran 散点图来描述局域空间的异质性，横轴对应变量的所有观测值，纵轴对应空间滞后向量的所有取值，每个区域观测值的空间滞后就是该区域周围邻居观测值的加权平均。Moran 散点图划分为4个象限，分别对应4种不同的区域经济空间差异类型：右上象限（HH）表示区域自身和周边地区的因子水平均较高，二者的空间差异程度较小；左上象限（LH）表示自身低，周边高，二者的空间差异程度较大；左下象限（LL）表示自身和周边均较低，二者的空间差异程度较小；右下象限（HL）表示区域自身高，周边低，二者的空间差异程度较大^[14]。采用 GeoDA 软件计算甘肃省县域4个因子空间分异状态的 Moran 散点图（图3）。可以看出，位于 HH 象限的县集约因子中有14个，生态因子和粮食安全因子中各有23个，而位于 LL 象限的县在这3个因子中则分

别有35、36和41个。位于 HH 象限的县个数越多，县域土地利用综合效益的总体空间差异就越小，由上述数据可知，2006年甘肃省仍有近半数县域属于 LL 象限，表明甘肃省土地利用综合效益总体水平仍然很低。此外，3个因子散点图共同特征是：落入 HH 象限的县向四周扩散分布的程度很大，而落入 LL 象限的县则呈集中分布态势，这表明甘肃省县域土地利用效益较高的县集聚性个体相差很大，而较低的县集聚性个体相差则很小。

2.3 综合得分空间差异分析

将前4个特征根的贡献率归一化处理以后作为4个主因子的权重，计算各县的综合得分。利用自然断裂法，将87个县区聚为5类（图4）。从图4可看出，甘肃省各县区土地利用综合效益空间差异明显，效益高和较高的县区仅包括兰州市所辖3区和临夏市；效

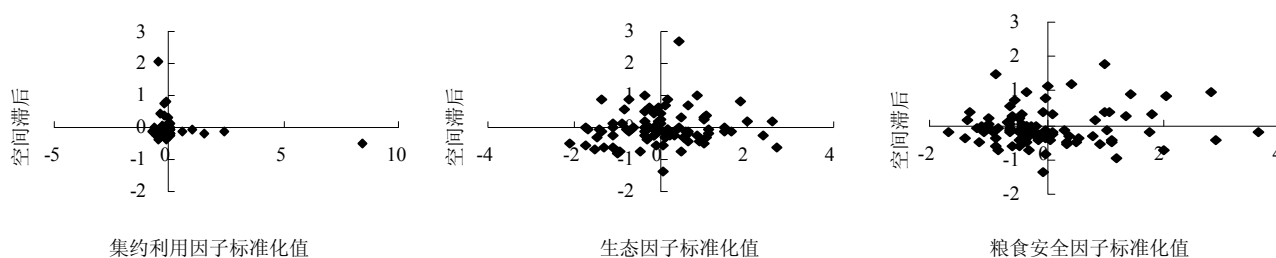


图 3 各因子空间分异的 Moran 散点图

Fig. 3 Moran scatter plots of spatial distribution of different factor score

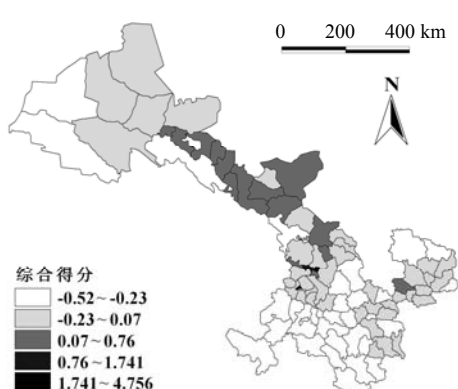


图 4 综合效益得分分级图

Fig. 4 Score grade map of comprehensive land use efficiency

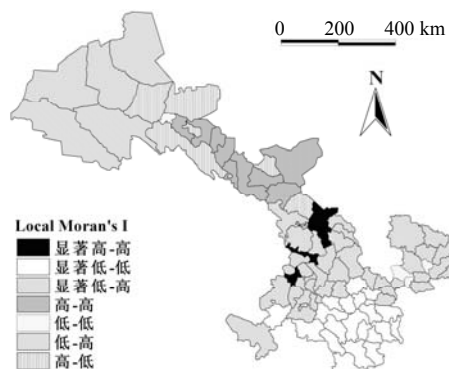


图 5 县域土地利用综合效益局域自相关集聚图

Fig. 5 Local Moran's I clustering map

益中等的县区有 16 个,集中分布在河西 5 市以及白银、兰州和平凉等市辖区;效益较低的县有 37 个,主要分布在酒泉市、临夏州、平凉市和天水市;效益很低的县有 30 个,大部分位于甘南州、陇南市、定西市和庆阳市。

将各县局域 Moran's I 值在 ArcView 中用集聚图表示 (图 5)。从图 5 可看出,2006 年甘肃省土地利用综合效益表现出较为明显的空间分异格局:空间差异较小、区域自身和周边水平均较高的县域大都集中在河西走廊腹地的张掖、武威、金昌市所辖县区;空间差异较小,但区域自身和周边水平均较低的县域则集中在甘肃省的南北两头,连片分布在陇南、陇东、甘南和酒泉市西部;空间差异较大,区域自身水平较高,但周边较低的县域仅包括嘉峪关、平凉和庆阳市辖区;空间差异较大,区域自身水平较低,但周边较高的县域则集中在陇中的兰州、白银、临夏和河西部分地区。在 1% 显著性水平下,显著高-高的县区仅有 9 个,且全部位于兰州市辖区和白银、临夏等面积较小的县区,而显著低-低的县却大范围分布在陇南和天水市,多达

20 个。

3 讨论

建立了土地利用综合效益评价指标体系,利用因子分析和空间自相关分析,对甘肃省土地利用综合效益及其区域差异的空间结构进行了实证分析,将土地利用效益各因子及综合得分的局域空间自相关指数按县级行政单元进行聚类。土地是一切资源基础,甘肃省土地利用综合效益空间差异明显,这既与区域间的自然条件(地貌、气候、水资源等)有关,同时也和社会、经济、人文发展水平密切相关。甘肃应根据土地利用效益空间分异特征,制定差异化土地利用战略及相关措施来促进区域之间以及社会、经济和生态环境之间的协调发展。综合效益较高的兰州等省辖市区应强化土地资源保护力度,提高产业准入门槛,促进产业升级;综合效益中等的河西地区应避免土地资源低效、粗放利用;效益较低的陇东两市需在加大能源开发利用的同时加强生态环境建设与保护力度;效益很低的陇中和陇南丘陵沟壑区则应重点发展自己的特

色产业。此外,全省各县区均要统筹城乡土地利用规划管理,充分利用土地利用经济效益较好的区县的带动作用,减缓各县区土地利用经济效益两极分化的趋势。

参考文献:

- [1] 申海元,陈璞,张彩云.西安市土地利用综合效益研究.土壤通报,2009,40(2): 209-212
- [2] 韩书成,濮励杰.江苏土地利用综合效益空间分异研究.长江流域资源与环境,2008,17(6): 853-859
- [3] 孙兴辉,张裕凤,原伟.呼和浩特市土地利用效益评价.内蒙古师范大学学报(哲学社会科学版),2008,37(4): 58-62
- [4] 王琼,高敏华,瓦哈甫·哈力克.基于因子分析的新疆土地利用经济效益分析.农业系统科学与综合研究,2008,24(4): 385-390
- [5] 梁红梅,刘卫东,刘会平,林育欣,刘勇.深圳市土地利用社会经济效益与生态环境效益的耦合关系研究.地理科学,2008,28(5): 636-641
- [6] 罗培,周申立.土地利用变化对城郊农业区生态效益的影响.生态与农村环境学报,2007,23(4): 6-10
- [7] 李玉伟,程先富.芜湖市土地利用综合效益评价.云南地理环境研究,2008,20(4): 94-99
- [8] 筱明.基于熵权法的济南市土地利用效益评价研究.水土保持研究,2008,15(2): 96-98
- [9] 柳葳,周生路.新一轮土地利用总体规划中生态功能空间差异分析方法.土壤,2008,40(1): 39-44
- [10] 彭建,蒋依依,李正国,张小飞,李卫锋,岳隼.快速城市化地区土地利用效益评价.长江流域资源与环境,2005,14(3): 304-309
- [11] 国家环境保护总局.生态环境状况评价技术规范(试行).北京:中国环境科学出版社,2007
- [12] 蒋春艳,刁承泰.土地利用经济效益时空变异分析.水土保持通报,2008,28(6): 130-137
- [13] 潘竟虎,石培基.甘肃省农业现代化水平区域差异的ESDA-GIS分析.干旱区资源与环境,2008,22(10): 15-20
- [14] 潘竟虎,石培基.甘肃省人均粮食时空格局变化特征及驱动机制分析.农业系统科学与综合研究,2008,24(4): 485-488

Spatial Differentiation of Comprehensive Land Use Efficiency in Gansu Province

PAN Jing-hu, SHI Pei-ji

(College of Geographic and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Based on the land use status and the natural and socio-economic conditions of 87 districts and counties in Gansu Province in 2006, the evaluation indicator system of comprehensive land use efficiency was established, which consisted of 17 evaluating indicators, then the spatial variation of land use efficiency were analyzed and evaluated by using factor analysis and global/local spatial autocorrelation methods. Results showed that the land use efficiency differed greatly in different districts and counties. The spatial distribution of intensive use factor, environment factor and food security factor and social progress factor of the counties showed positive autocorrelation, among which, intensive use factor of land use had the most remarkable spatial variation. The results are important for establishing differential land use strategy so as to realize reasonable land use and adjustment, coordinative development among regions and socioeconomic and eco-environment in Gansu Province.

Key words: Comprehensive land use efficiency, Spatial differentiation, Spatial autocorrelation, Gansu Province