

生态脆弱区土地综合承载力时空差异分析 ——以榆林市为例

董思¹, 任志远^{1,2}, 魏倩倩¹

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710119; 2. 西北国土资源研究中心, 西安 710119)

摘要:以生态脆弱区的典型城市榆林市为例,从社会、经济、水土资源、科技、生态环境5个承载系统共选取30个指标,并利用AHP决策分析法与熵权法的组合权重确定各评价指标权重,分析了1990—2012年榆林市土地综合承载力的时空变化,并得出了各县区土地综合承载力的限制因子,结果表明:(1)1990—2012年期间,榆林地区土地综合承载力呈波动上升趋势,且各县区域土地综合承载力差异较大。(2)1990年时,榆林各县土地综合承载力都处于严重超载和临界超载的状态,最大值为绥德县,最小值为横山县;2000年时,土地承载力有了不同程度的增加,但是增幅不大,最大值为榆阳区,最小值为横山县;2012年时,各县土地综合承载力有了很大的提高,最大值为神木县,最小值为佳县。(3)各县区的土地综合承载力的限制因子差别较大。在1990年时限制因子主要是科技系统;到2000年时,限制因子主要是经济系统;到2012年时,限制因子主要是水土资源和科技系统。因此,榆林市应以保护环境和发展科技为关键,带动和维护社会、经济等的协调发展。

关键词:土地综合承载力;时空差异变化;层次分析法;榆林市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0286-06

Analysis on the Temporal and Spatial Difference of Land Comprehensive Carrying Capacity in Ecologically Fragile Area —A Case Study of Yulin City

DONG Si¹, REN Zhiyuan^{1,2}, WEI Qianqian¹

(1. College of Tourism and Environment Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China; 2. Northwest Land and Resource Research Center, Xi'an 710119, China)

Abstract: The typical urban ecological fragile area-Yulin City was chosen as the example. A total of 30 indicators in relation to the social, economic, land and water resources, science and technology, environment five bearing system were selected, and weight evaluation index weights resulted from the right combination of AHP decision analysis method and entropy method was used to analyze the temporal and spatial variation of land comprehensive carrying capacity of Yulin City from 1990 to 2012, and the limiting factors of county land comprehensive carrying capacity were gained. The final conclusions are as follows. (1) During 1990 and 2012, land comprehensive carrying capacity in Yulin Prefecture presented the fluctuating upward trend, regional and county land comprehensive carrying capacities were quite different. Limiting factors of the land comprehensive carrying capacity were different between the counties. (2) Land comprehensive carrying capacities in each county of Yulin were overload and in 1990. The maximum was in Sude county and the minimum was in Hengshan county. Land comprehensive carrying capacities show slowly upward trend in 2000. Similarly, the maximum was in Yuyang County and the minimum was still in Hengshan county. Fortunately, Land Comprehensive Carrying Capacities increase dramatically. The maximum were in Shenmu County and the minimum was in Jia county. (3) Limiting factors of the land comprehensive carrying capacity were different between the counties. In 1990 the main limiting factor was the science and technology system; in 2000, the main limiting factor was the economic system; in 2012, the main limiting factor was water and land resources and science and technology system. In order to ensure the sustainable development of county land resources, it was recommended to protect environment and develop technology.

收稿日期:2016-07-26

修回日期:2016-08-05

资助项目:国家自然科学基金(41371523);教育部人文社会科学重点研究基地项目(14JJD840004)

第一作者:董思(1992—),女,湖北荆州人,硕士研究生,主要研究方向为土地评价与规划。E-mail:z418.com@qq.com

通信作者:任志远(1953—),男,陕西兴平人,教授,博导,主要研究方向为遥感、地理信息系统与国土资源开发。E-mail:renzhy@snnu.com

Keywords: land comprehensive carrying capacity; temporal difference analysis; Yulin City

人类从土地中得到其生存和发展所必不可少的资源,同时也为地球上所有的生物和非生物提供生活场所和物质来源。然而随着科技水平的进步和人口数量的激增,导致人地矛盾问题突出和生态环境问题严重,给土地资源的可持续利用产生了严重影响^[1-2]。而土地综合承载力主要是研究在某一空间,某一时间,且外部的社会经济条件相对保持不变的条件下,土地资源能承受的人类活动最大限值^[3]。目前国内关于承载力的研究始于20世纪末期,且发展速度较快,同时取得了很多研究成果^[4-6]。其中具有代表性的有,王书华,曹静等人^[7]以中国东南沿海地区为研究区,构建了土地综合承载力的评价指标体系,并对其进行应用分析,倪超等对资源型城市的土地综合承载力进行了评价分析。国外的研究成果主要以 Gifford, Millington R^[8], Malcom Slessor^[9]等为主要代表。但国内学者在进行土地综合承载力评价时标准不明确,区域内城乡差别、生产水平差异等都使测算结果存在差异。此外,关于最大承载力的问题至今没有明确的评价标准,导致土地综合承载力的计算存在差异,并使研究结果的现实意义降低^[10]。在以上背景下,本文以生态脆弱区的典型地区——陕西省榆林市为依托,以研究区土地利用时空变化为基础,构建土地综合资源承载力指标体系,并利用 AHP 层次分析法和熵权法评价指标体系,得到榆林市土地综合承载力综合指数,并针对相关问题提出建议,为实现国土资源规划、土地资源保护和永续利用等提供重要的理论支撑和技术支持。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

榆林市位于 36.95°—39.57°N, 107.47°—111.25°E, 陕西省的最北部,共包括 12 个县区,处于黄土高原与毛乌素沙地的交接地带。地形复杂,总体地势西北高,东南低,日照时间长,四季明显。这里不仅是我国水土流失最严重的地区之一,也是生态环境脆弱的典型区域。榆林市是我国重要的能源开发区之一,其中煤炭、石油等能源的开发以及相关重工业产业的发展是榆林地区社会经济发展的基础,但同时也给该地区原本就十分脆弱的生态环境带来了巨大压力,使得榆林地区的土地资源承载压力更大。

1.2 数据来源

本文数据来源于《陕西省统计年鉴》(1990—2012 年),《榆林市统计年鉴》(1990—2012 年),榆林市政府工作报告(1990—2012 年)以及遥感数据(1990—

2012 年的 Landsat 影像)。所用数据是根据各项指标的原始数据经计算得到。

2 评价指标体系的构建

2.1 指标体系的构建

土地综合承载力是一个综合且复杂的系统,它反映了该地区自然环境与社会、经济、生态等系统之间的物质、能量以及信息等方面的联系和协调发展。所以,其评价指标体系的选取关系到计算结果能否真实客观的反映该区实际的土地综合承载力,是承载力评价是否成功的关键因素,本文遵循科学性、协调性、区域性、动态性、层次性、可行性等原则,参考相关研究成果^[11-13],综合考察榆林市土地利用状况,自然与社会经济状况,从社会、经济、水土资源、科技水平、生态环境 5 个系统选取 30 个指标,选取结果见表 1。

2.2 指标的标准化

为了消除量纲单位对承载力结果的影响,需要消除由于不同单位造成的误差,即对各个指标进行无量纲化处理,也就是指标的标准化处理^[14]。根据指标的性质,可以将指标分为正向指标(效益型)和逆向指标(成本型);正向指标即为属性值越大越好的指标,逆向指标即为越小越好的指标。

$$Z_{ij} = \frac{\max x_{xj} - x_{ij}}{\max x_{xj} - \min x_{ij}} \quad (\text{正向指标})$$

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{xj} - \min x_{ij}} \quad (\text{逆向指标})$$

式中: Z_{ij} 为第 i 个指标标准化后的值; x_{ij} 为指标原始值; $\min x_{ij}$ 为第 i 个指标最小值; $\max x_{ij}$ 为第 i 个指标最大值。经标准化之后的值均处于 $[0, 1]$ 间,最优值为 1,最差值为 0。

2.3 指标权重的确定

指标权重的确定对评价结果有着至关重要的影响,目前对指标权重的确定方法主要有两种,即主观赋权和客观赋权。本文为了避免客观赋权法对因子重要程度的忽视,以及主观赋权法的人的主观差异性,本研究采用两种方法来对各指标进行权重的确定。主观赋权法采用 AHP 层次分析法赋权;客观赋权法采用熵权法来确定各指标权重;这样就可以避免单一赋权方法带来的片面性。本文使用两者的算术平均值来作为各个指标的最终权重(表 1)。

2.4 土地综合承载力的计算

由于区域土地综合承载力是一个综合的系统,各个要素都对其有一定的作用,因此,区域土地综合承载力评价值的计算采用线性加权求和的方法,以得到

该区域土地综合承载力的评价价值。其计算公式为：式中:LRCC 为土地综合承载力评价价值; Z_{ij} 为各个评价指标的标准化值; W_j 为第 j 个指标的权重。

$$LRCC=\sum_{j=1}^m Z_{ij} W_j \tag{1}$$

表 1 土地综合承载力评价指标体系及权重

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 指标说明 | 指标类型 | AHP 层次分析法 | 熵权法权重 | 组合权重 |
|---------|-----------------------------|---|------------------------------|------|-----------|--------|--------|
| A | B | C | | | | | |
| 土地综合承载力 | 社会系统 (B ₁) | C ₁ 人口自然增长率(‰) | 出生率与死亡率之比 | 逆向 | 0.0316 | 0.0114 | 0.0215 |
| | | C ₂ 非农人口比重(%) | 非农人口占总人口的比重 | 正向 | 0.0282 | 0.0284 | 0.0283 |
| | | C ₃ 人口密度(人/m ²) | 单位土地面积上居住的人口数量 | 逆向 | 0.0301 | 0.0238 | 0.0270 |
| | | C ₄ 人均社会消费品零售总额(元/人) | 社会消费品零售总额与总人口之比 | 正向 | 0.0493 | 0.0583 | 0.0538 |
| | | C ₅ 固定资产投资密度(万元/km ²) | 固定资产投资总额与总面积之比 | 正向 | 0.0337 | 0.0841 | 0.0589 |
| | 经济系统 (B ₂) | C ₆ 人均 GDP(元) | GDP 总量与总人口之比 | 正向 | 0.0435 | 0.0837 | 0.0636 |
| | | C ₇ 农民人均纯收入(元/人) | 总收入与农业人就业的比值 | 正向 | 0.0323 | 0.0638 | 0.0481 |
| | | C ₈ 粮食自给率(%) | 人均资产粮与人均每年粮食需求量之比 | 正向 | 0.0384 | 0.0173 | 0.0279 |
| | | C ₉ GDP 增长率(%) | GDP 指数-100 | 逆向 | 0.0306 | 0.0194 | 0.0250 |
| | | C ₁₀ 第三产业比重(%) | 第三产业占 GDP 的百分比 | 正向 | 0.0368 | 0.0134 | 0.0251 |
| | | C ₁₁ 单位面积工业总产值(万元/km ²) | 单位面积土地面积的工业产出 | 正向 | 0.0355 | 0.0857 | 0.0606 |
| | 土地资源系统 (B ₃) | C ₁₂ 人均耕地面积(hm ² /人) | 平均每人占有的耕地 | 正向 | 0.0414 | 0.0413 | 0.0414 |
| | | C ₁₃ 复种指数(%) | 耕地上种植农作物的平均次数 | 逆向 | 0.0242 | 0.0141 | 0.0192 |
| | | C ₁₄ 耕地灌溉率(%) | 有效灌溉面积与耕地面积之比 | 正向 | 0.0298 | 0.0152 | 0.0225 |
| | | C ₁₅ 土地利用效率(%) | 未利用面积与总面积之比 | 正向 | 0.0358 | 0.0218 | 0.0288 |
| | | C ₁₆ 人均粮食产量(kg/人) | 粮食总产量与总人口之比 | 正向 | 0.0187 | 0.0173 | 0.0180 |
| | | C ₁₇ 单位面积农业产值(万元/km ²) | 单位面积土地面积的农业生产能力 | 正向 | 0.0274 | 0.0459 | 0.0367 |
| | | C ₁₈ 人均水资源量(立方米/人) | 水资源总量与总人口之比 | 正向 | 0.0282 | 0.0253 | 0.0268 |
| | 科技系统 (B ₄) | C ₁₉ 科技教育支出占总支出比重(%) | 科技教育支出占财政总支出比重 | 正向 | 0.0284 | 0.0176 | 0.0230 |
| | | C ₂₀ 单位耕地面积农机总动力(kW/hm ²) | 农机总动力与耕地面积之比 | 正向 | 0.0367 | 0.0405 | 0.0386 |
| | | C ₂₁ 单位面积产量(kg/hm ²) | 作物总产量与播种面积之比 | 正向 | 0.0245 | 0.0228 | 0.0237 |
| | | C ₂₂ 每万人拥有卫生医疗床位数(个) | 医疗卫生床位数与总人口之比 | 正向 | 0.0298 | 0.0446 | 0.0372 |
| | | C ₂₃ 普通中学学生数占总人口比重(‰) | 普通中学在校学生数与总人口之比 | 正向 | 0.0287 | 0.0282 | 0.0285 |
| | 生态环境系统 (B ₅) | C ₂₄ 当年造林面积比重(‰) | 当年造林面积与总土地面积之比 | 正向 | 0.0326 | 0.0275 | 0.0301 |
| | | C ₂₅ 单位耕地面积化肥施用实物量(t/hm ²) | 农用化肥施用实物量与耕地面积之比 | 逆向 | 0.0256 | 0.0191 | 0.0224 |
| | | C ₂₆ 森林覆盖率(%) | 森林面积占总国土面积的百分比 | 正向 | 0.0416 | 0.0523 | 0.0470 |
| | | C ₂₇ 单位 GDP 能耗(t 标准煤/亿元) | 能源消费总量与 GDP 之比 | 逆向 | 0.0345 | 0.0139 | 0.0242 |
| | | C ₂₈ 干旱指数 | 年蒸发量与年降水量之比 | 逆向 | 0.0447 | 0.0105 | 0.0276 |
| | | C ₂₉ 植被覆盖指数 | 参考国家环保总局《生态环境状况评价技术规范(试行)》公式 | 正向 | 0.0462 | 0.0354 | 0.0408 |
| | | C ₃₀ 土地开发强度(%) | 建设用地的面积占总土地面积的比重 | 逆向 | 0.0312 | 0.0174 | 0.0243 |

2.5 分级标准土地综合承载力的评价价值 LRCC,计算结果如图 1。

为了更明确地对榆林市区域土地综合承载力的结果进行评价,本文根据现有的参考文献^[15-16]和资料,运用土地综合承载力的分级评价标准对其进行评价,并根据榆林地区空间聚类特点和区域生态环境的脆弱性,采用了 5 个分级标准,即位于 0~1,分别是 0~0.25,0.25~0.4,0.4~0.6,0.6~0.8,0.8~1 共 5 个区间。其综合评价价值越高,表示区域土地综合承载力越强。

(1) 从综合评价价值的计算结果(图 1)可以看出,榆林地区土地综合承载力的评价价值呈现逐步上升趋势,现结合分级标准(表 2),对其进行具体评价:

表 2 区域土地综合承载力评价价值的分级标准

| 承载水平 | 严重超载 | 临近超载 | 基本平衡 | 安全承载 | 可盈余承载 |
|--------|--------|----------|---------|---------|-------|
| 评价价值分区 | 0~0.25 | 0.25~0.4 | 0.4~0.6 | 0.6~0.8 | 0.8~1 |

3 土地综合承载力评价结果与分析

3.1 市域土地综合承载力评价结果与分析

根据公式(1),可以计算出 1990—2012 年榆林地区(2) 近期 2008 年,评价价值为 0.518,综合承载力水平显示是基本平衡的状况。该时期,土地综合承载力水平能基本满足经济和社会的发展需求。与此同时,该地区土地利用集约程度有所提高,且土地利用

的布局 and 方式也趋于合理。从各个承载系统来看,科技系统承载有了较大的提高,评价值为 0.112,仅次于水土资源系统承载(评价值为 0.113);此时经济系统承载的评价值最小,为 0.091,其次为社会系统承载,评价值为 0.095。但总体来说,各承载系统都有了较大的提高,但其协调性还仍需进一步提高。

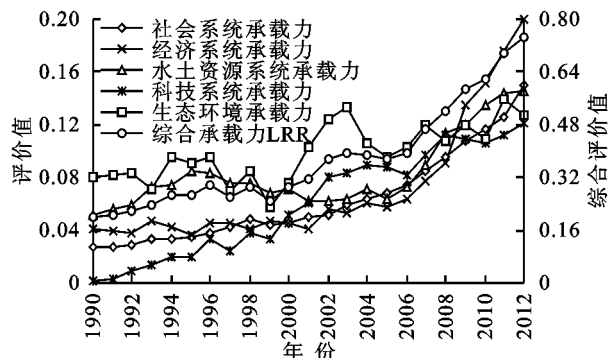


图1 榆林市 1990—2012 年各承载系统及区域土地综合承载力评价趋势

(3) 现状 2012 年,评价值为 0.744,综合承载水平处于安全承载状态。该期经济系统承载位于第一,评价值为 0.199;社会系统承载和土地系统承载分别为 0.151,0.146;生态环境系统承载为 0.127,而科技系统承载则最小,仅为 0.121;表明该地区经济的发展速度超过了科技水平进步的程度;但总体来说,各承载系统都有了一定的提高。说明该地区综合经济实力快速增长,土地的集约程度提高,土地利用布局较为合理,而科技水平仍需提高。

(2) 在榆林地区土地综合承载力评价值计算的过程中,共包括社会系统承载、经济系统承载、水土资源系统承载、科技系统承载和生态环境系统承载共 5 个承载方面;它们变化趋势分别如下:

从各承载系统的趋势图(图 1)可以看出,社会系统的承载力在 1990—2005 年是呈缓慢上升状态,但在 2005 年之后则呈现快速上升趋势;经济系统的承载特点与社会系统承载相似,先是缓慢上升,到 2005 年之后则是快速上升阶段,且赶超了其他 4 个承载系统,位居第一位,说明经济发展在 2005 年之后呈现快速增长的态势。

在水土资源系统承载方面,先是缓慢上升,然后 1995—2002 年呈现下降趋势,之后又呈现了上升的趋势。在科技系统承载中,在 1990—1996 年,呈增加的趋势,之后到 1999 年期间呈现波动状态,1999 年之后,则处于波动上升阶段。在生态环境系统承载方面,则是波动的缓慢上升状态;这是由于榆林地处我国黄土高原,生态环境十分脆弱,很容易受到自然条件等的影响,故容易产生波动的情况。

3.2 各县区土地综合承载力评价结果与分析

从上述的计算结果(表 3,图 2)中可以看出,榆林各县区 1990—2012 年区域土地综合承载力的评价值,总体上是呈增长趋势的;但各县区域土地综合承载力的评价值差别较大,且空间分异较明显。在 1990 年时,榆林各县区域土地综合承载力的评价值都处于严重超载和临界超载的状态。其中北部的神木县、南部的横山县、靖边县、子洲县共四县处于严重超载的状态;其他 8 个县则处于临界超载的状态,分别位于榆林地区的东部(米脂县、佳县、吴堡县和清涧县),北部(府谷县和榆阳区)以及西部(定边县)。其中评价值最小的为横山县(LRCC=0.227),其次是靖边县,LRCC 为 0.228;而评价值最大的则为绥德县(LRCC=0.279),其次为清涧县,其综合评价值 LRCC 为 0.273。

到 2000 年时,榆林各县区域土地综合承载力的评价值较之前都有了不同程度的增加,但是总体来说增幅不大。其中只有横山县和子洲县仍处于严重超载状态,两者都位于榆林地区的中部;其余十个县区则处于临近超载的状态,它们是分别位于榆林地区的北部(榆阳区、神木县和府谷县),东部(佳县、米脂县、吴堡县、绥德县和清涧县)和西部(定边县和靖边县)。其中横山县的评价值仍处于最后一位,其值为 0.243,其次是子洲县(LRCC=0.248);而评价值最大的则为榆阳区,LRCC 为 0.335。

到了 2012 年,榆林各县区域土地综合承载力的评价值 LRCC 较 2000 年都有了较大的提高,但是各县区提高的幅度差别较大。其中处于临界超载状态的县区是位于东部的佳县、南部的子洲县;而北部的榆阳区、神木县、府谷县和南部的靖边县共 4 个县处于安全承载状态;其余位于中部的横山县、西部的定边县以及东部的绥德县、米脂县、吴堡县和清涧县共 6 个县处于基本平衡的状态。其中,综合评价值最小的为子洲县(LRCC=0.355),其次评价值较小的为佳县(LRCC=0.372);而评价值最大的则为神木县(LRCC=0.657),其次较大的是府谷县(LRCC=0.654)。

3.3 各县区土地综合承载力限制因子分析

社会、经济、水土资源、科技和生态环境这 5 个子系统共同支撑榆林地区的土地综合承载力,这 5 个子系统的协调度也影响着承载力水平的高低。通过分析影响榆林地区土地综合承载力的限制因子,才能有效地提出土地可持续发展的建议。

土地综合承载力的限制因子可以根据“木桶效应”的原理来确定,即由该地区各承载系统中评价值最小的子系统来确定,以避免“短板效应”,发挥综合效益^[17-18]。

表 3 榆林各县区 1990—2012 年区域土地综合承载力评价值

| 年份 | 榆阳区 | 神木县 | 府谷县 | 横山县 | 靖边县 | 定边县 | 绥德县 | 米脂县 | 佳县 | 吴堡县 | 清涧县 | 子洲县 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1990 | 0.252 | 0.231 | 0.264 | 0.227 | 0.228 | 0.262 | 0.279 | 0.263 | 0.260 | 0.258 | 0.273 | 0.235 |
| 1991 | 0.259 | 0.239 | 0.270 | 0.232 | 0.236 | 0.270 | 0.283 | 0.268 | 0.264 | 0.261 | 0.276 | 0.248 |
| 1992 | 0.275 | 0.249 | 0.272 | 0.245 | 0.239 | 0.256 | 0.296 | 0.250 | 0.267 | 0.270 | 0.278 | 0.237 |
| 1993 | 0.277 | 0.254 | 0.270 | 0.229 | 0.254 | 0.259 | 0.284 | 0.252 | 0.264 | 0.260 | 0.274 | 0.238 |
| 1994 | 0.303 | 0.280 | 0.288 | 0.250 | 0.256 | 0.288 | 0.288 | 0.254 | 0.265 | 0.268 | 0.280 | 0.243 |
| 1995 | 0.314 | 0.303 | 0.324 | 0.234 | 0.242 | 0.267 | 0.294 | 0.249 | 0.262 | 0.253 | 0.270 | 0.249 |
| 1996 | 0.322 | 0.303 | 0.325 | 0.261 | 0.291 | 0.279 | 0.287 | 0.260 | 0.260 | 0.284 | 0.288 | 0.251 |
| 1997 | 0.312 | 0.286 | 0.310 | 0.248 | 0.272 | 0.266 | 0.284 | 0.264 | 0.257 | 0.241 | 0.264 | 0.257 |
| 1998 | 0.321 | 0.308 | 0.335 | 0.260 | 0.289 | 0.295 | 0.267 | 0.263 | 0.262 | 0.242 | 0.272 | 0.259 |
| 1999 | 0.310 | 0.276 | 0.300 | 0.242 | 0.265 | 0.275 | 0.273 | 0.250 | 0.240 | 0.247 | 0.272 | 0.258 |
| 2000 | 0.335 | 0.301 | 0.305 | 0.243 | 0.278 | 0.263 | 0.298 | 0.264 | 0.267 | 0.263 | 0.300 | 0.248 |
| 2001 | 0.364 | 0.315 | 0.333 | 0.279 | 0.318 | 0.299 | 0.302 | 0.278 | 0.276 | 0.282 | 0.309 | 0.277 |
| 2002 | 0.383 | 0.341 | 0.345 | 0.301 | 0.367 | 0.343 | 0.308 | 0.296 | 0.301 | 0.317 | 0.309 | 0.282 |
| 2003 | 0.388 | 0.371 | 0.407 | 0.307 | 0.373 | 0.345 | 0.329 | 0.322 | 0.313 | 0.312 | 0.312 | 0.271 |
| 2004 | 0.409 | 0.391 | 0.383 | 0.315 | 0.368 | 0.361 | 0.335 | 0.330 | 0.311 | 0.324 | 0.301 | 0.298 |
| 2005 | 0.409 | 0.382 | 0.385 | 0.315 | 0.383 | 0.346 | 0.324 | 0.323 | 0.300 | 0.320 | 0.302 | 0.298 |
| 2006 | 0.406 | 0.392 | 0.367 | 0.313 | 0.391 | 0.329 | 0.338 | 0.337 | 0.314 | 0.334 | 0.322 | 0.314 |
| 2007 | 0.459 | 0.457 | 0.429 | 0.346 | 0.476 | 0.398 | 0.350 | 0.353 | 0.304 | 0.366 | 0.326 | 0.295 |
| 2008 | 0.483 | 0.491 | 0.461 | 0.369 | 0.515 | 0.393 | 0.373 | 0.347 | 0.322 | 0.359 | 0.334 | 0.304 |
| 2009 | 0.523 | 0.540 | 0.504 | 0.396 | 0.544 | 0.427 | 0.390 | 0.377 | 0.348 | 0.404 | 0.373 | 0.313 |
| 2010 | 0.562 | 0.573 | 0.532 | 0.396 | 0.560 | 0.448 | 0.398 | 0.367 | 0.337 | 0.399 | 0.371 | 0.315 |
| 2011 | 0.590 | 0.624 | 0.620 | 0.445 | 0.589 | 0.487 | 0.451 | 0.421 | 0.392 | 0.447 | 0.396 | 0.339 |
| 2012 | 0.609 | 0.657 | 0.654 | 0.447 | 0.607 | 0.501 | 0.447 | 0.416 | 0.372 | 0.452 | 0.417 | 0.355 |

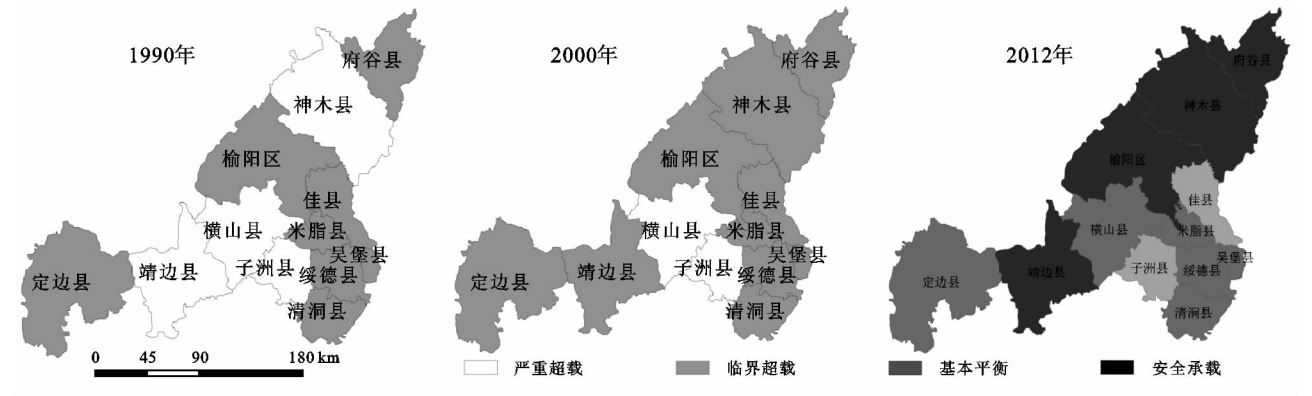


图 2 1990 年、2000 年、2012 年榆林各县土地综合承载力区域差异

表 4 1990 年、2010 年、2012 年榆林市各县区
土地综合承载力限制因子

| 各县区 | 1990 年 限制因子 | 2000 年 限制因子 | 2012 年 限制因子 |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 榆阳区 | 科技系统 | 经济系统 | 水土资源系统 |
| 神木县 | 科技系统 | 经济系统 | 水土资源系统 |
| 府谷县 | 科技系统 | 经济系统 | 水土资源系统 |
| 横山县 | 科技系统 | 经济系统 | 科技系统 |
| 靖边县 | 科技系统 | 经济系统 | 科技系统 |
| 定边县 | 科技系统 | 科技系统 | 科技系统 |
| 绥德县 | 社会系统 | 社会系统 | 经济系统 |
| 米脂县 | 科技系统 | 社会系统 | 科技系统 |
| 佳 县 | 科技系统 | 社会系统 | 科技系统 |
| 吴堡县 | 科技系统 | 科技系统 | 经济系统 |
| 清涧县 | 科技系统 | 科技系统 | 社会系统 |
| 子洲县 | 社会系统 | 经济系统 | 社会系统 |

从计算结果可以看出,在 1990 年时,只有绥德、子洲两县的限制因子是社会系统,其余榆阳、神木、府谷等共十个县区的限制因子均为科技系统。到 2000 年时,榆阳区、神木县、府谷、横山、靖边和子洲六县的限制因子是经济系统;绥德、米脂和佳县 3 个县的限制因子是社会系统;其余定边县、吴堡县、清涧县的限制因子均为科技系统。

到 2012 年,绥德县、吴堡县的限制因子是经济系统,要加大其经济的发展力度,提高其经济发展水平;清涧县和子洲县的限制因子是社会系统;其中横山、靖边、定边、米脂、佳县共 5 个县区的限制因子是科技系统,说明这些县区对科技、教育、卫生等的投入不足,要加大对其的投入和发展;此外,值得一提的是,榆阳区、神木县、府谷县的限制因子都是水土资源系统,这是由于该县区经济的发展大多依赖煤炭、石油

等能源的开采,造成耕地资源浪费和水资源流失等,所以要加大对该地区水土资源的治理和投入。

4 结论与讨论

4.1 讨论

虽然榆林市土地综合承载力呈现波动上升的趋势,但是这种上升也给榆林市带来来负面影响,虽然随着经济的发展,为容纳更多的人口提供了可能性,但是资源环境的破坏限制了土地综合承载力的发展^[19-20],因此,在今后的发展方向中,需以经济、社会、生态环境和科技为协调发展目标,进行可持续发展。榆林市作为陕西省一个重要的资源型城市,自然资源既是发展契机也是挑战,同时也要更加注重资源对榆林市的限制性作用。为了保证榆林市土地资源承载力的提高,建议采取以下措施:一是从土地综合承载力的承载主体,即土地资源入手,从土地利用程度较低、土地复垦工程、土壤污染、荒漠化、盐渍化以及水土保持工程等措施;二是从调整经济发展的产业结构、人口数量、保护生态环境等;最后,采取技术等措施改良土壤,发展生态农牧业,大力发展旅游业等。

4.2 结论

(1) 1990—2012 年期间,榆林地区土地综合承载力呈波动上升趋势,且各县区域土地综合承载力差异较大。其中市域土地综合承载力在 1990 年最小,为 0.201,处于严重超载状态;近期 2008 年上升到 0.518,处于基本平衡状态;到 2012 年最大,其值为 0.744,处于安全承载状态。

(2) 各县区土地综合承载力总体上呈增加趋势的,但各县区差别较大,且空间差异较明显;其中,1990 年各县区的评价值都在严重超载和临界超载状态,其中神木、横山、靖边、子洲四县处于严重超载状态,其他八县则处于临界超载状态;到 2000 年时,虽然都有了不同程度的提高,但横山、子洲两县处于严重超载状态,其余十县处于临界超载状态;到 2012 年时,各县区的评价值都有了较大的提高,其中只有佳县、子洲两县处于临界超载状态,而北部的榆阳区、神木县、府谷县和西部的靖边四县则处于安全承载状态,其余的横山县、定边县、绥德县、米脂县、吴堡县、清涧县则处于基本平衡状态。

(3) 各县区的土地综合承载力的限制因子差别较大。在 1990 年时限制因子主要是科技系统;到 2000 年时,限制因子主要是经济系统;到 2012 年时,限制因子主要是水土资源和科技系统。为了保证各县区土地资源的持续发展,建议采取以下措施:一是从区域土地综合承载力的承载主体,即土地资源入

手,从土地利用程度较低、土地复垦工程、土壤污染、荒漠化、盐渍化以及水土保持工程等措施来调节榆林地区的土地资源,提高其土地的综合承载力水平。二是从调整经济发展的产业结构、人口数量、保护生态环境等方面来提高榆林区域土地综合承载力,从而有效提高榆林地区土地利用的效率和效益,以使其能够永续利用。最后,榆林地区有大面积的滩涂、风沙地、沟壑等未利用地,一方面是由于其特定的地貌条件造成的,更重要的是该地水土流失严重,表层土的流失,造成土壤肥力下降,使很多土地无法利用。因此要想提高榆林地区的土地综合承载力,必须采取技术措施改良土壤,发展生态农牧业。同时也可以根据榆林地区的特点,大力发展旅游业等。

参考文献:

- [1] 王书华,毛汉英.土地综合承载力指标体系设计及评价:中国东部沿海地区案例研究[J].自然资源学报,2001,16(3):248-254.
- [2] 孟旭光,吕宾,安翠娟.应重视和加强土地承载力评价研究[J].中国国土资源经济,2006,19(2):38-40.
- [3] 黄丽华,王亚男,韩笑.黄河中上游能源化工区重点产业发展战略土地资源承载力评价[J].环境科学研究,2011,24(2):243-250.
- [4] 孙宇杰,陈志刚.江苏省城市土地集约利用与城市化水平协调发展研究[J].资源科学,2012,34(5):889-895.
- [5] 汪菲,杨德刚,王长建,等.新疆相对资源承载力及可持续发展时空演变特征分析[J].中国沙漠,2013,33(5):1605-1613.
- [6] 彭资,谷成燕,刘智勇,等.东江流域 1989—2009 年土地利用变化对生态承载力的影响[J].植物生态学报,2014,38(7):675-686.
- [7] 王书华,毛汉英,赵明华.略论土地综合承载力评价指标体系的设计思路:我国沿海地区案例分析[J].人文地理,2001,16(4):57-61.
- [8] Millington R, Gifford R. Energy and how we live[C]. Australian UNESCO Seminar, Committee for Man and Biosphere, 1973.
- [9] Slessor M, Hounam I. Carrying capacity assessment[R]. Rome: Report to UNESCO and FAO, 1984.
- [10] 孙宇杰,陈志刚.江苏省城市土地集约利用与城市化水平协调发展研究[J].资源科学,2012,34(5):889-895.
- [11] 孙钰,李新刚.山东省土地综合承载力协调发展度分析[J].中国人口资源与环境,2013,23(11):123-129.
- [12] 陈珏,雷国平,王元辉.黑龙江省土地综合承载力空间差异研究[J].中国人口·资源与环境,2011(S1):267-270.
- [13] 汪菲,杨德刚,王长建,等.新疆相对资源承载力及可持续发展时空演变特征分析[J].中国沙漠,2013,33(5):1605-1613.

模型对各指标进行了预测。得出过去的 15 a 间,研究区水资源生态安全方面是限制水资源安全利用向更安全转变的主要逆向力,供需方面次之。2015—2020 年的水资源安全评价结果表明,研究区水资源供需安全是限制水资源总体转好的主要因素,生态安全次之,应着重加强这两方面的管制与调控。

参考文献:

[1] 张凤太,苏维词. 贵州省岩溶地区水土资源生态安全研究[J]. 水电能源科学,2015,33(9):152-154.

[2] Hurk M, Mastenbroek E, Meijerink S. Water safety and spatial development;an institutional comparison between the United Kingdom and the Netherlands [J]. Land Use Policy,2014,36(1):416-426.

[3] Zhou Z Y, Zhang X J, Dong W Y. Fuzzy Comprehensive Evaluation for Safety Guarantee System of Reclaimed[J]. Procedia Environmental Sciences,2013,18: 227-235.

[4] 许波,谢漠文,何兴东,等. 基于边坡单元的水库库岸稳定性层次分析与评价[J]. 水土保持通报,2016,36(3): 290-296.

[5] 刘洁,谢丽芳,杨国英,等. 丰水区城镇化进程与水资源利用的关系:以江苏省为例[J]. 水土保持通报,2016,36(3):193-199.

[6] 陈亚婷,张阳生,侯红蕊. 青海省湟源县滨水环境模糊综合评判及其建设[J]. 水土保持通报,2013,33(6):187-191.

[7] 明均仁,肖凯. 基于 R 语言的面向需水预测的随机森林方法[J]. 统计与决策,2012(9):81-83.

[8] 张颖,高倩倩. 基于灰色模型和模糊神经网络的综合水质预测模型研究[J]. 环境工程学报,2015,(2):537-545.

[9] 叶超,郝付军. 基于支持向量机和 BP 神经网络的滑坡变形复合式预测[J]. 水土保持通报,2016,36(3):332-337.

[10] 崔东文. 随机森林回归模型及其在污水排放量预测中的应用[J]. 供水技术,2014,8(1):31-36.

[11] Xuan W, Quan C, Shuyi L. An optimal water allocation model based on water resources security assessment and its application in Zhangjiakou Region, northern China[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2012,69(12):57-65.

[12] 杨家伟. 重庆市城镇水安全评价及保障体系研究[D]. 重庆:重庆大学,2015.

[13] 赖成光,陈晓宏,赵仕威,等. 基于随机森林的洪灾风险评估评价模型及其应用[J]. 水利学报,2015,46(1):58-66.

[14] 张颖,高倩倩. 基于随机森林分类算法的巢湖水质评价[J]. 环境工程学报,2016,10(2):992-998.

[15] 赵超,申烨红,赵先贵. 基于水足迹理论的重庆市 2000—2012 年水资源评价[J]. 四川环境,2015,34(3): 62-68.

[16] 马骏,李昌晓,魏虹,等. 三峡库区生态脆弱性评价[J]. 生态学报,2015,35(21):7117-7129.

[17] 胡昌军. 双隐层 BP 神经网络模型在区域水安全评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2013,24(3):196-200.

[18] 程福亨. BP 神经网络与模糊神经网络在空气质量评价中的研究[D]. 广州:广东工业大学,2012.

[19] 施开放,刁承泰. 重庆市三峡库区水资源承载力评价[J]. 灌溉排水学报,2012,31(5):108-112.

[20] 肖新成,何丙辉,倪九派,等. 农业面源污染视角下的三峡库区重庆段水资源的安全性评价:基于 DPSIR 框架的分析[J]. 环境科学学报,2013,33(8):2324-2331.



(上接第 291 页)

[14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.

[15] 彭立,刘邵权. 土地功能视角下的土地资源人口承载力研究:以攀枝花、六盘水市为例[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(S1):74-81.

[16] 于广华,孙才志. 环渤海沿海地区土地承载力时空分异特征[J]. 生态学报,2015,35(14):4860-4870.

[17] 雷国平,常熙月. 哈尔滨所辖市县土地承载力分析[J].

东北农业大学学报,2013,44(5):132-137.

[18] 宋艳春,余敦. 鄱阳湖生态经济区资源环境综合承载力评价[J]. 应用生态学报,2014,25(10):2975-2984.

[19] 朱天明,杨桂山,苏伟忠,等. 长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展协调评价[J]. 资源科学,2009,31(7):1109-1116.

[20] 彭资,谷成燕,刘智勇,等. 东江流域 1989—2009 年土地利用变化对生态承载力的影响[J]. 植物生态学报, 2014,38(7):675-686.