

基于森林资源和水资源的 江西省生态安全数量化评价研究

王伟峰¹, 廖为明^{1*}, 张智慧², 邓志³, 张翼飞⁴

(1. 江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045; 2. 中科院寒区旱区环境与工程研究所 遥感与地理信息科学研究室, 甘肃 兰州 730000; 3. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 4. 内蒙古大学 生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要:依据基尼系数的基本内涵, 构建了基于森林资源和水资源的生态安全评价模型。以江西省为例进行实证研究, 结果表明: (1) 江西省森林资源和水资源的 16 项评价指标总体达标率为 81.25%, 数量化评价结果为: 生态环境安全等级较高, 但资源分布结构有待进一步优化; (2) 区域经济的均衡发展 (GDP 结构不合理) 是影响江西省生态安全的一个关键性因素, 绿色 GDP 及其贡献率对区域生态安全的意义重大; (3) 森林面积与 GDP 的基尼系数最大 (0.479 4), 废污水排放量与 GDP 的基尼系数最小 (0.054 6); (4) 从水资源总量与森林面积的基尼系数 (0.074 9) 和森林蓄积的基尼系数 (0.110 3) 可以从另一角度证明森林具有涵养水源的生态功能。最后, 提出以“科学发展观”为指导, 坚持“全面、协调、可持续”的森林资源和水资源发展利用方向, 实现江西由生态大省向生态强省的跨越。

关键词:森林资源; 水资源; 基尼系数; 生态安全评价; 江西省

中图分类号: S718.55+7 文献标识码: A 文章编号: 1000-2286(2010)01-0108-07

A Study on Quantitative Evaluation of Eco-safety in Jiangxi Province Based on Forest Resources and Water Resources

WANG Wei-feng¹, LIAO Wei-ming^{1*}, ZHANG Zhi-hui²,
DENG Zhi³, ZHANG Yi-fei⁴

(1. College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Remote Sensing and Geographic Information Science Research Center, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Lanzhou 730000, China; 3. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 4. College of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China)

Abstract: According to the basic connotation of Gini coefficient, an eco-safety evaluation model based on forest resources and water resources has been established. Taking Jiangxi Province as an example, an empirical study was conducted, the result showed that: (i) the general attainment rate of 16 evaluation indicators of forest resources and water resources in Jiangxi Province is 81.25%, the safety level of eco-environment is higher, but the resources distribution structure needs to be further optimized; (ii) the unbalanced development (the makeup of GDP is unreasonable) of regional economy is a key factor influencing eco-safety in Jiangxi

收稿日期: 2009-11-12 修回日期: 2009-12-30

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30860228) 和教育部博士点基金项目 (200804100003)

作者简介: 王伟峰 (1985-), 男, 硕士生, 主要从事森林景观规划与评价、森林资源可持续经营研究, E-mail: wang.wf1985@163.com; * 通讯作者: 廖为明, 教授, 博士生导师, E-mail: liaowm62@yahoo.com.cn。

Province green GDP and its contribution play a significant role in regional eco - safety; (iii) the Gini coefficient of forest area and GDP is maximum (0.479 4) ,the Gini coefficient of waste water discharge and GDP is minimum (0.054 6); (iv) from the Gini coefficient of total water resources and forest area (0.074 9) as well as forest volume (0.110 3) , it can also be proved that forest possesses the ecological function of conserving water resources. From the study ,the authors conclude that the development and utilization of forest and water resources should take “scientific development thought” as guidance and adhere to “overall , coordinate and sustainable” developing and utilizing direction so as to enable Jiangxi Province to transform from a large ecological province to a powerful ecological province.

Key words: forest resources ; water resources ; Gini coefficient ; eco - safety evaluation ; Jiangxi Province

生态安全亦称环境安全 (environmental security) ,是指人类赖以生存和发展的生态环境处于健康和可持续发展状态^[1-2]。“数量丰富、分布合理、结构优化、质量良好”的森林资源和水资源是保障区域生态安全的基本条件 ,同时也是生态环境建设中的重要控制因素 ,对其进行科学评价是关系区域可持续发展的一项重要内容^[3-4]。通过参考基尼系数 (Gini coefficient) 原理及其测算方法 ,本文提出了基于森林资源和水资源的区域生态安全评价模型 ,并用模型分析评价了江西省的生态安全状况 ,首次实现了以森林资源和水资源的空间分布状况与区域生态安全评价相结合的系统分析和定量研究。该评价模型对制定区域可持续发展战略具有重要的理论和现实意义。

1 基尼系数法应用于生态安全评价的原理

基尼系数 (Gini coefficient) 也称为洛伦兹系数 ,是由意大利的经济学家基尼 (Gini) 于 1922 年根据洛伦兹曲线 (Lorenz curve) 提出的 ,它是一个定量评价居民内部收入分配差异的指标。洛伦兹曲线如图 1 所示^[5] ,设实际收入分配曲线 (弧线) 与绝对公平分配曲线 (直线) 之间的面积为 A ,实际收入分配曲线下方的面积为 B , $A/(A+B)$ 的值表示不平等程度 ,这个比值被称为基尼系数。基尼系数的大小是反映收入分配是否公平的指标 ,在 0~1 区间内 ,数值越小 ,收入分配的公平性就越高^[6]。按照国际惯例基尼系数的大小与其评价结果之间存在着定量的关系^[7] ,见表 1。

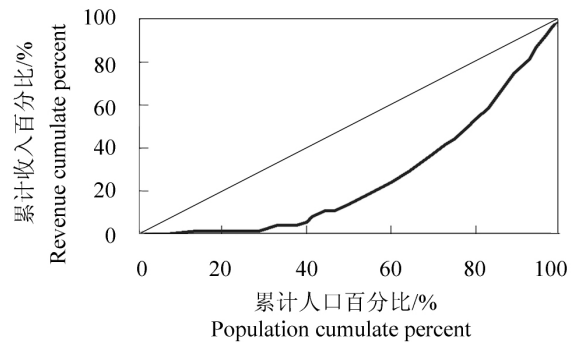


图 1 洛伦兹曲线

Fig. 1 Lorenz curve

表 1 基尼系数大小与其评价结果之间的关系

Tab. 1 The relationship between Gini coefficient size and evaluation consequence

基尼系数 Gini coefficient	0	0~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4	0.4~0.5	0.5~1.0	1
评价结果 Evaluation results	完全平均 Completely average	高度平均 Highly average	相对平均 Relative average	比较合理 Reasonable	临界调整值 Critical to the adjusted value	差距偏大 The gap is too large	高度不平均 Highly inequality	绝对不平均 Absolutely inequality

综上所述 ,洛伦兹曲线和基尼系数是一种描述收入分配均衡程度的客观指标 ,而在自然界中 ,森林资源和水资源在地域空间上的分布亦具有非均衡性 ,这种非均衡性直接关系到区域经济的发展 and 生态环境的安全 ,其内涵的数学规律十分类似于收入分配的均衡性问题^[7-8]。因此 ,森林资源和水资源在地域空间上分布的均衡性程度用洛伦兹曲线和基尼系数来描述 ,就具有高度的一致性 ,这就为分析森林资源和水资源的空间分布状况对区域生态安全的影响提供了一种新的量化指标。

2 评价方法与数据处理

2.1 评价方法

依据基尼系数内涵,在研究区域生态安全问题时,视具体情况将研究区域划分为若干个子区域(本文按行政区域划分)将子区域按森林资源或水资源与其分布影响因素的比值从小到大分别进行排序,并按不同的排序结果计算出子区域指标的累积百分比。定义 X 轴为影响因素指标的累积百分比, Y 轴为森林资源或水资源指标的累积百分比,然后计算各指标的基尼系数。本文构建各项评价指标时,参考了其他学者在生态安全评价和水资源评价的研究成果,并充分考虑到森林资源和水资源耦合在生态安全评价中的重要意义,按照“目的性、导向性、科学性、实用性”等原则构建指标体系。基尼系数有多种求解方法,如不依赖洛伦兹曲线的直接算法、回归曲线法、人口等分法、城乡分解法、基尼平均差法、协方差法、矩阵法、面积法等,面积法中又有三角形面积法、弓形面积法等^[5],本文采用梯形面积法^[9]求解基尼系数,即把洛伦兹曲线下方的面积近似当作若干梯形进行计算,数学模型如下:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1})(Y_i + Y_{i-1}) \quad (1)$$

模型中各参数的具体意义为:

G : 各评价指标的基尼系数值; X_i : 影响因素的累积百分比; Y_i : 森林资源或水资源的累积百分比; n : 研究区域划分单元数,且当 $i=1$ 时, (X_{i-1}, Y_{i-1}) 视为 $(0, 0)$ 。

评价模型构建的具体步骤如下:

(1) 选取森林资源或水资源数据作为基本匹配原象,选取地区生产总值、耕地面积、人口数量等数据作为匹配对象,依据基本匹配原象与匹配对象的意义进行不同匹配,构建出不同的评价指标。

(2) 根据不同的基本匹配原象与匹配对象比值大小对研究区域的数据从低到高分别进行排序,并分别计算出基本匹配原象和匹配对象的累积百分比。

(3) 绘制出各项评价指标的洛伦兹曲线。

(4) 选取基尼系数计算公式,分别计算出森林资源或水资源与地区生产总值、耕地面积、人口数量等各项指标的基尼系数,根据计算出的各项指标基尼系数得出生态安全评价结果。

2.2 数据处理

基尼系数人工运算及其繁琐,单独利用 Excel 计算费时又费力,在充分理解基尼系数内涵与应用的基础上,使用 VBA 语言在 Excel 下编写宏程序^[10],可以大大简化计算过程(程序代码略)。

3 实证分析

3.1 数据来源

森林资源数据来源于江西省“十五”期间森林资源“二类调查”统计数据,水资源和其他数据来源于《江西统计年鉴(2008)》^[11],全省各地区森林资源、水资源及其相关数据见表 2。

表 2 江西省各地区森林资源、水资源及其相关数据

Tab. 2 Forest resources, water resources and related data in each region of Jiangxi Province

地区 Area	森林面积/ hm ² Forest area	森林蓄积/ 10 ⁴ m ³ Forest volume	水资源总量 /10 ⁸ m ³ Total water resources	总用水量/10 ⁸ m ³ Total water consumption	废水排放量/ 10 ⁴ t Waste water discharge	地区生产总值/ 10 ⁴ 元 GDP	耕地面积/hm ² Plowland area	人口数量/ 10 ⁴ Population
江西省 Jiangxi Province	8 716 862	35 357.2	1 112.96	234.87	275 175	55 744 274	2 146 447	4 368.4
南昌市 Nanchang City	89 107	323.9	44.97	32.55	62 080	13 898 920	213 805	458.06
景德镇 Jingdezhen City	295 685	1 272.1	28.76	7.44	15 640	2 618 517	55 383	155.44
萍乡市 Pingxiang City	166 840	607.3	27.65	7.86	21 040	3 162 760	46 381	183.97
九江市 Jiujiang City	785 438	3 118.4	95.85	25.42	29 715	5 925 614	213 745	472.17
新余市 Xinyu City	110 174	549.3	15.72	6.65	13 700	2 807 713	55 030	112.58
鹰潭市 Yingtan City	184 777	675.0	29.62	10.07	12 900	2 202 019	58 518	110.27
赣州市 Ganzhou City	2 715 333	9 799.6	310.68	29.21	33 840	7 019 653	304 094	830.13
宜春市 Yichun City	816 870	4 134.5	100.02	39.39	24 320	5 088 563	336 280	540.61
上饶市 Shangrao City	1 107 111	3 836.9	146.07	23.36	25 480	5 281 238	305 757	644.12
吉安市 Ji'an City	1 412 913	6 787.3	184.50	32.30	18 240	4 060 052	329 075	475.96
抚州市 Fuzhou City	1 032 614	4 252.9	129.12	20.62	18 220	3 679 225	228 379	385.09

3.2 数据计算

按照模型构建的具体步骤 根据表 2 的数据计算得到绘制洛伦兹曲线所需的各项百分比数据 并绘制出各项评价指标的洛伦兹曲线(图 2 ~ 图 17)。根据公式(1)计算出相应的基尼系数值并给出评价结果(表 3)。

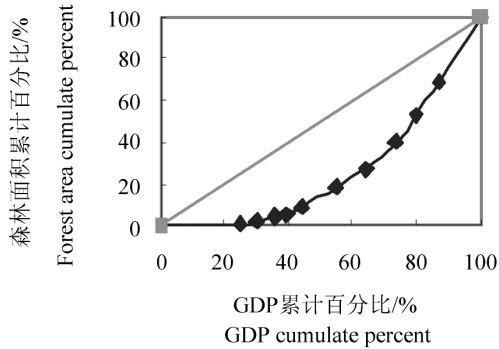


图 2 GDP - 森林面积洛伦兹曲线

Fig. 2 Lorenz curve for GDP and forest area

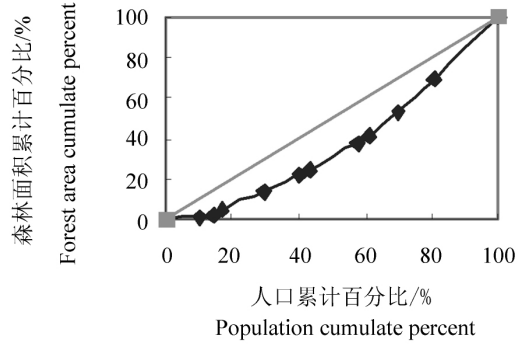


图 3 人口 - 森林面积洛伦兹曲线

Fig. 3 Lorenz curve for population and forest area

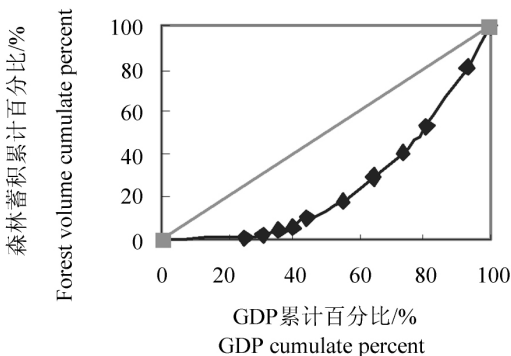


图 4 GDP - 森林蓄积洛伦兹曲线

Fig. 4 Lorenz curve for GDP and forest volume

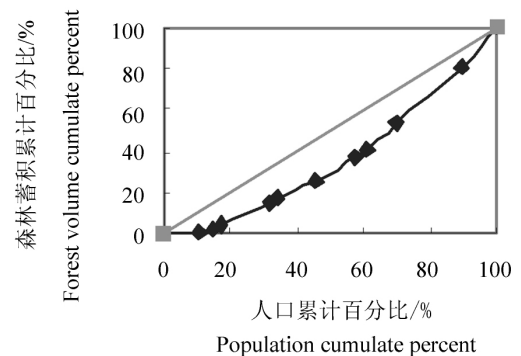


图 5 人口 - 森林蓄积洛伦兹曲线

Fig. 5 Lorenz curve for population and forest volume

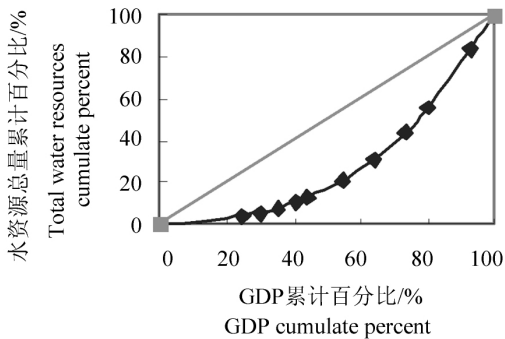


图 6 GDP - 水资源总量洛伦兹曲线

Fig. 6 Lorenz curve for GDP and total water resources

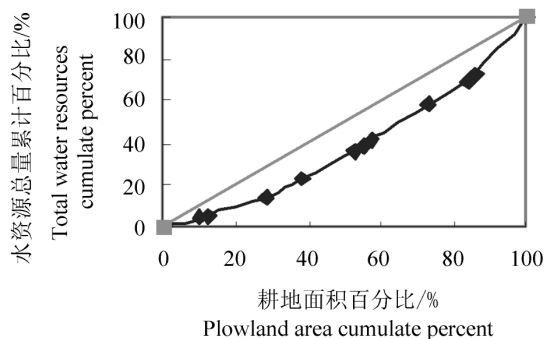


图 7 耕地面积 - 水资源总量洛伦兹曲线

Fig. 7 Lorenz curve for plowland area and total water resources

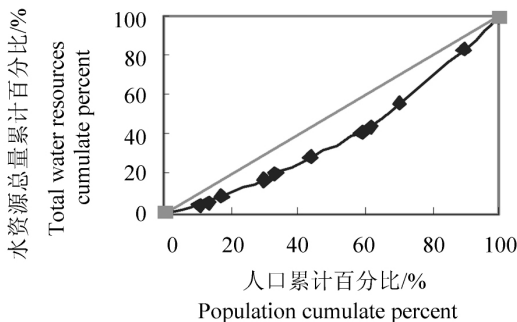


图 8 人口 - 水资源总量洛伦兹曲线

Fig. 8 Lorenz curve for population and total water resources

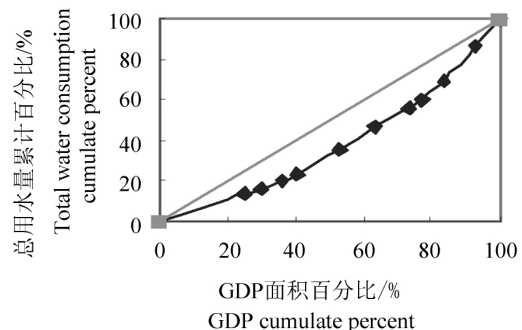


图 9 GDP - 总用水量洛伦兹曲线

Fig. 9 Lorenz curve for GDP and total water consumption

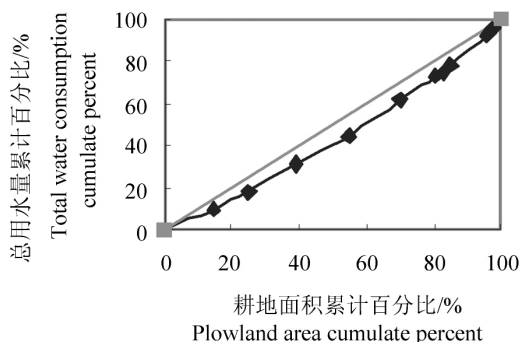


图 10 耕地面积 - 总用水量洛伦兹曲线

Fig. 10 Lorenz curve for plowland area and total water consumption

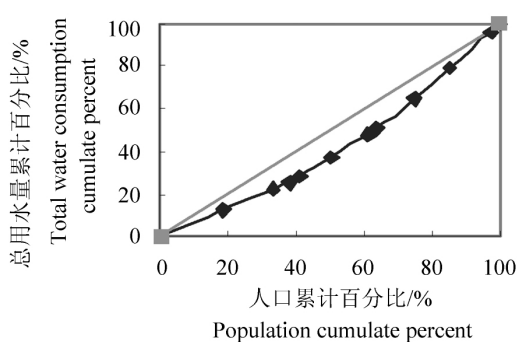


图 11 人口 - 总用水量洛伦兹曲线

Fig. 11 Lorenz curve for population and total water consumption

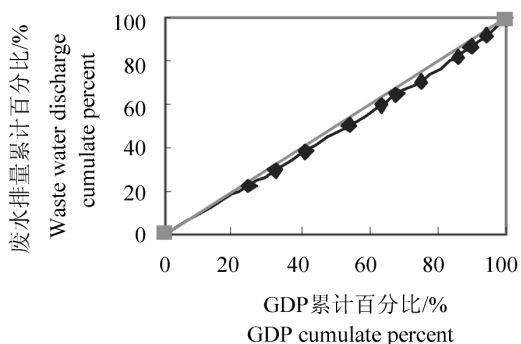


图 12 GDP - 废水排量洛伦兹曲线

Fig. 12 Lorenz curve for GDP and waste water discharge

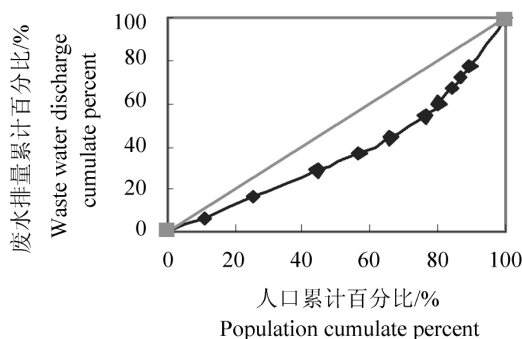


图 13 人口 - 废水排量洛伦兹曲线

Fig. 13 Lorenz curve for population and waste water discharge

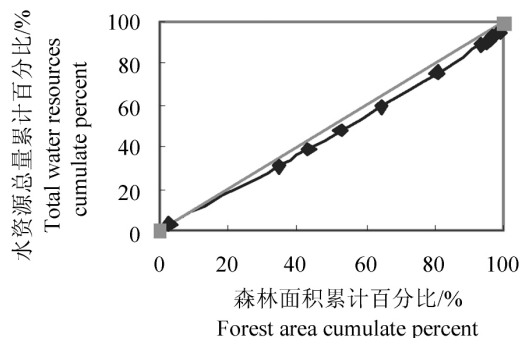


图 14 森林面积 - 水资源总量洛伦兹曲线

Fig. 14 Lorenz curve for forest area and total water resources

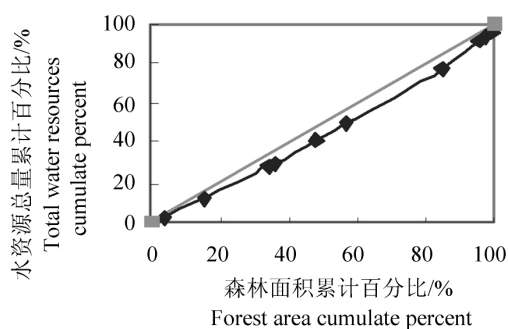


图 15 森林蓄积 - 水资源总量洛伦兹曲线

Fig. 15 Lorenz curve for forest volume and total water resources

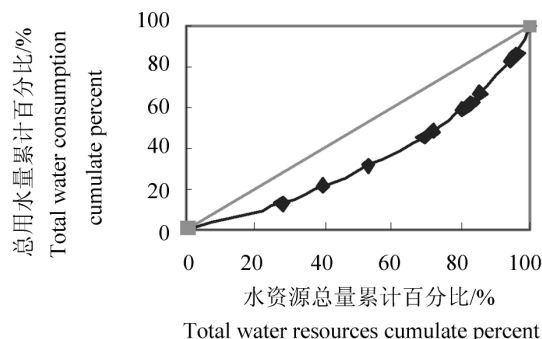


图 16 水资源总量 - 总用水量洛伦兹曲线

Fig. 16 Lorenz curve for total water resources and total water consumption

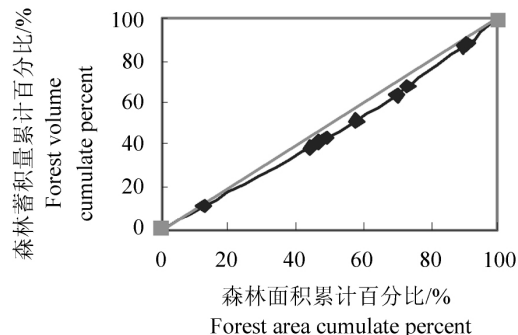


图 17 森林面积 - 森林蓄积洛伦兹曲线

Fig. 17 Lorenz curve for forest area and forest volume

表 3 各项指标的基尼系数及其评价结果

Tab. 3 Gini coefficient and evaluation consequence of each index

指标名称 Index name	基尼系数 Gini coefficient	评价结果 Evaluation results	指标名称 Index name	基尼系数 Gini coefficient	评价结果 Evaluation results
森林面积 - 地区生产总值 Forest area and GDP	0.479 4	差距偏大	总用水量 - 耕地面积 Total water consumption and plowland area	0.125 5	高度平均
森林面积 - 人口数量 Forest area and population	0.267 5	相对平均	总用水量 - 人口数量 Total water consumption and population	0.164 3	高度平均
森林蓄积 - 地区生产总值 Forest volume and GDP	0.478 7	差距偏大	废水排放量 - 地区生产总值 Waste water discharge and GDP	0.054 6	高度平均
森林蓄积 - 人口数量 Forest volume and population	0.272 5	相对平均	废水排放量 - 人口数量 Waste water discharge and population	0.263 2	相对平均
水资源总量 - 地区生产总值 Total water resources and GDP	0.429 4	差距偏大	水资源总量 - 森林面积 Total water resources and forest area	0.074 9	高度平均
水资源总量 - 耕地面积 Total water resources and plowland area	0.236 9	相对平均	水资源总量 - 森林蓄积 Total water resources and forest volume	0.110 3	高度平均
水资源总量 - 人口数量 Total water resources and population	0.217 2	相对平均	总用水量 - 水资源总量 Total water consumption and total water resources	0.317 1	比较合理
总用水量 - 地区生产总值 Total water consumption and GDP	0.240 1	相对平均	森林蓄积 - 森林面积 Forest volume and forest area	0.074 7	高度平均

3.3 结果分析

(1) 以森林资源和水资源为基础构建的 16 项评价指标总体分析,评价结果为“高度平均”的指标有 6 项,占总评价指标的 37.5%;评价结果为“相对平均”的指标有 6 项,占总评价指标的 37.5%;评价结果为“比较合理”的指标有 1 项,占总评价指标的 6.25%;评价结果为“差距偏大”的指标有 3 项,占总评价指标的 18.75%;16 项评价指标的总体达标率为 81.25%,数量化评价结果为:江西省生态环境安全等级较高,但资源分布结构有待进一步优化。

(2) 森林面积与 GDP 的基尼系数最大(0.479 4),废污水排放量与 GDP 的基尼系数最小(0.054 6)。各项指标的基尼系数顺序为:废污水排放量与 GDP 的基尼系数(0.054 6) < 森林蓄积与森林面积的基尼系数(0.074 7) < 水资源总量与森林面积的基尼系数(0.074 9) < 水资源总量与森林蓄积的基尼系数(0.110 3) < 总用水量与耕地面积的基尼系数(0.125 5) < 总用水量与人口数量的基尼系数(0.164 3) < 水资源总量与人口数量的基尼系数(0.217 2) < 水资源总量与耕地面积的基尼系数(0.236 9) < 总用水量与 GDP 的基尼系数(0.240 1) < 废污水排放量与人口数量的基尼系数(0.263 2) < 森林面积与人口数量的基尼系数(0.267 5) < 森林蓄积与人口数量的基尼系数(0.272 5) < 总用水量与水资源总量的基尼系数(0.317 1) < 水资源总量与 GDP 的基尼系数(0.429 4) < 森林蓄积与 GDP 的基尼系数(0.478 7) < 森林面积与 GDP 的基尼系数(0.479 4)。

(3) 森林面积与 GDP 的基尼系数(0.479 4)、森林蓄积与 GDP 的基尼系数(0.478 7)、水资源总量与 GDP 的基尼系数(0.429 4)评价结果为“差距偏大”,这 3 项指标都与 GDP 有关,所以可以得知经济因素是影响江西省森林资源和水资源区域均衡分布的一个关键性因素。这可以理解为,区域经济结构的不合理发展严重影响了森林资源和水资源的区域空间分布结构,使得生态功能效益弱化。这对于我们的启示是:区域的发展不能以破坏生态资源换取经济效益,在发展经济的同时要保护好生态环境,特别是在一些重大的工程项目施工前,要严把“生态环境影响评价”这个关口,力求做到“项目施工,评价先行”的原则,要认识到绿色 GDP 及其贡献率对区域生态安全的重大意义。

(4) 从水资源总量与耕地面积的基尼系数(0.236 9)和总用水量与耕地面积的基尼系数(0.125 5)分析得知,江西省各区域的水资源分布完全可以满足种植业对水资源的需求。农业是江西省的传统优势产业,丰富的水资源为江西省大力发展现代农业提供了良好的资源平台,对保障区域生态安全具有重大意义。而从总用水量与水资源总量的基尼系数(0.317 1)分析,水资源利用矛盾仍不容忽视,究其原因,主要是水资源的分布不均衡造成的,尽管江西省的水资源总量比较丰富,但是现有的水资源分布格局已经影响了产业格局的分布,工农业生产、人口数量的不断增加等也给水资源的承载能力带来了更大的挑战,科学的安排产业格局、合理的控制城市人口数量是解决未来水资源利用矛盾的有效途径。

(5) 从森林蓄积与森林面积的基尼系数(0.074 7)分析得知,森林资源的结构偏向单一化,在现实中表现为树种结构不合理、林龄结构不合理、单位面积蓄积量低等方面,森林资源结构的不合理会导致森林生态效益的低下,即森林涵养水源、保持水土、防风固沙、净化空气的生态功能会大打折扣,这对于维持生态平衡、保护区域生态安全是极其不利的。尽管江西省的森林覆盖率为 60.05%,位居全国第二位,但森林资源总蓄积量仍然不足,仅占全国总蓄积量的 2.8%,林分平均蓄积为 $42.15 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,为全国平均水平($78 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)的 54%,列全国第 19 位,差距还比较大;针叶林面积占林分总面积的 75.8%,阔叶林面积只占 24.2%,阔叶林的严重不足致使江西省森林资源的质量受到极大的影响;中、幼林面积占林分总面积的 87.7%,而成、过熟林面积只占 12.3%^[3]。所以,“增加森林资源数量、提高森林资源质量、调整森林资源结构”不仅是未来江西省森林资源可持续发展的方向,也是维护区域生态安全的必然要求。

(6) 从水资源总量与森林面积的基尼系数(0.074 9)和森林蓄积的基尼系数(0.110 3)分析得知,森林资源的空间分布与水资源的空间分布具有很好的一致性,即说明森林资源丰富的地区水资源也相对丰富,主要原因是森林能够吸收和下渗降水,减少水资源的无效损失,增加有效水的总量,这可以从另一角度揭示森林具有涵养水源的生态功能。

4 结论与讨论

(1) 以洛伦兹曲线和基尼系数为理论基础构建的生态安全评价模型,能定量评价区域生态安全状况,通过模型对江西省生态安全进行评价,16 项评价指标总体达标率为 81.25%,数量化评价结果为:生态环境安全等级较高,但资源分布结构有待进一步优化,如何合理的制定区域资源、经济、生态发展规划仍是今后努力的方向。

(2) 从模型计算的各项指标分析,可以发现区域经济的均衡发展(GDP 结构不合理)是影响江西省生态安全的一个重要因素。发展经济的同时要兼顾保护生态环境,森林资源和水资源是构建生态安全的天然屏障和重要保障,在今后的生态资源管理过程中,应充分认识到这种关系,满足各个区域之间改善生态环境、发展社会经济的共同需求,最终实现“生态安全——人与自然和谐发展”的局面。

(3) 江西是个旅游资源丰富的大省,在旅游资源中,森林资源和水资源占有很大的比重,而且许多风景名胜区、自然保护区、主题森林公园都是以森林资源和水资源作为旅游特色资源开发的,保护好森林资源和水资源不仅是维护区域生态安全的有效措施,而且是区域社会经济、生态环境可持续发展的要求。以“科学发展观”为指导,坚持“全面、协调、可持续”的森林资源和水资源发展利用方向,是实现江西由生态大省向生态强省跨越的指导方针和根本途径。

(4) 区域生态安全评价是一个全新的研究领域,不同的学者构建的评价指标具有较大的差异性,本文以森林资源和水资源作为构建评价指标的基础,所构建的指标解释性强,但由此引出许多拓展性的研究点,例如如何拟合高精度的洛伦兹曲线方程以提高评价的准确性、以基尼系数作为衡量区域资源分布均衡性的指标与传统评价指标的差异性、如何确定合理的基尼系数取值范围作为评价结果等,仍是以后需要研究的课题。

参考文献:

- [1] 门可佩,朱鸿婷.我国区域生态安全的评价研究[J].安徽农业科学,2009,37(4):1715-1717.
- [2] 李忠友.生态安全问题分析及对策[J].长春师范学院学报:人文社会科学版,2008,27(2):46-51.
- [3] 卢平英,谢传金.江西省森林资源现状分析和提高质量对策[J].福建林业科技,2008,35(3):259-262.
- [4] 鲍文,陈国阶.基于水资源的四川生态安全基尼系数分析[J].中国人口、资源与环境,2008,18(4):35-37.
- [5] 刘德地,陈晓宏.一种区域用水量公平性的评估方法[J].水科学进展,2008,19(2):268-272.
- [6] 王媛,牛志广,王伟.基尼系数法在水污染物总量区域分配中的应用[J].中国人口、资源与环境,2008,18(3):177-180.
- [7] 王康,钟歆玥,李玉文.甘肃省水资源空间匹配分析[J].中国农村水利水电,2008(10):21-23.
- [8] 霍再强,顾凯平.基于基尼系数原理的森林资源分布非均衡性评价模型与实证研究[J].林业经济问题,2006,26(5):413-416.
- [9] 徐万坪.基尼系数的算法[J].统计与决策,2004(9):121-122.
- [10] 汪燕敏,吴治民.在 Excel 中用 VBA 计算基尼系数[J].统计与决策,2006(3):143-145.
- [11] 江西省统计局,国家统计局江西调查总队.江西统计年鉴(2008)[M].北京:中国统计出版社,2008.