

Ecological Safety Evaluation of Ganzhou City from 2012 to 2016

Shufang Zeng^{1,2}, Lihong Meng^{1*}, Qingyun Wang³

¹College of Geography and Environment Project, Gannan Normal University, Ganzhou Jiangxi

²College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing

³College of Mathematics and Computer Science, Gannan Normal University, Ganzhou Jiangxi

Email: 2217630900@qq.com, mlh8158@163.com

Received: Jun. 5th, 2020; accepted: Jun. 16th, 2020; published: Jun. 23rd, 2020

Abstract

Taking Ganzhou City Jiangxi Province as the main research object, this paper applied the ecological footprint model to quantitatively study the local ecological security based on statistical year-book data of Jiangxi Province from 2012 to 2016. Meanwhile, the condition of ecological security was evaluated to analyze the potential sustainability of Ganzhou City. The results showed that changes in per capita ecological footprint and per capita ecological carrying capacity of Ganzhou from 2012 to 2016 indicated an overall upward trend. More specifically, per capita ecological footprint increased from 0.997 hm² in 2012 to 1.188 hm² in 2016. Ganzhou City had got an ecological deficit from 2012 to 2016 with its ecological stress indexes greater than 0.8, which was an unsafe state. The city's ecological condition was relatively unstable in 2012 while it turned extremely unsafe from 2013 to 2016. It indicated that the coordination between natural ecology and socio-economic development in Ganzhou declined, and the city had intense ecological pressure as its economic development was unsustainable. Combining the actual situation of Ganzhou City, corresponding suggestions and measures were put forward.

Keywords

Ganzhou City, Ecological Security, Ecological Footprint, Ecological Carrying Capacity, Ecological Deficit

赣州市2012~2016年生态安全评价

曾淑芳^{1,2}, 孟丽红^{1*}, 王青芸³

¹赣南师范大学, 地理与环境工程学院, 江西 赣州

²西南大学, 资源环境学院, 重庆

³赣南师范大学, 数学与计算机科学学院, 江西 赣州

*通讯作者。

Email: 2217630900@qq.com, *mlh8158@163.com

收稿日期: 2020年6月5日; 录用日期: 2020年6月16日; 发布日期: 2020年6月23日

摘要

以江西省赣州市为主要研究对象, 本文主要根据2012~2016年江西省统计年鉴数据、运用生态足迹模型对当地生态安全进行定量研究, 评价赣州市的生态安全情况, 以分析该市可持续发展潜力。结果表明: 赣州市2012~2016年间人均生态足迹和人均生态承载力变化整体呈现上升趋势, 人均生态足迹从2012年的 0.997 hm^2 增加到2016年的 1.188 hm^2 。2012~2016年间赣州市一直处于生态赤字状态, 生态压力指数均大于0.8, 处于不安全状态, 该市2012年生态情况表现为较不安全, 2013~2016年期间更是处于极不安全状态。表明该市生态压力较大, 经济发展处于不可持续状态, 自然生态与社会经济发展的协调性有所下降, 结合赣州市的实际情况, 提出了相应的建议与措施。

关键词

赣州市, 生态安全, 生态足迹, 生态承载力, 生态赤字

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人类对环境的破坏力越来越大, 生态安全越来越成为评估经济可持续发展的指标。当前研究生态安全主要从土壤重金属、面源、森林的角度去评估[1] [2] [3] [4] [5]。生态安全评价都是以生态足迹模型以及改进型生态足迹模型[6]-[12]为基础, RS 和 GIS [13]等技术为辅助去定量研究。由于该方法操作简单, 普适性强等优点, 自提出以来, 广受环境科学、生态学等领域学者的关注[14] [15] [16], 并迅速成为生态安全评估的重要方法。在研究内容上, 国内学者主要以区域生态安全[17]、空间格局[18]、城市群[19] [20] [21]等视觉为主, 国外学者则主要侧重于结合土壤覆盖变化、对生态安全进行研究[22]。近年来, 国内外学者针对生态安全方面的研究有了较大的进展。李莉鸿[23]等通过构建“压力-状态-响应”(PSR)耕地生态安全评价模型对山东省耕地生态安全进行了评价, 结果表明耕地生态健康逐步改善, 但是, 耕地生态安全在人口的增加、工业化迅速发展两个方面仍然存在一定的风险。运用状态空间模型, 郑媛媛[24]等探讨了江西省鄱阳县耕地生态安全状况。基于景观结构和空间统计学, 袁媛[25]等运用经 Zhou K [26]、赵筱青[27]等学者完善的景观生态安全评价模型对南昌市景观生态安全进行评价。Rasul [28]等从经济、环境两个方面构建评价指标体系, 对孟加拉国的耕地健康状况进行分析。Shirley [29]和 Narain [30]等分别研究分析了社区的水环境安全状况和南亚地区城市化与水环境生态安全的作用关系。

“生态足迹”是由加拿大学者 William E. Rees 与 Mathis Wackernagel 所提出的概念, 也称“生态占用”[31]。生态足迹是定量划分强可持续性、弱可持续性和不可持续性发展的方法, 将地区的资源、能源消费以及生态承载力进行对比, 以此来判断该地区的发展是否具有可持续性。生态足迹模型于 1992 年由学者 Rees [32]提出, 随后在 1996 年由 Wackernagel [33]对模型进行完善, 该模型计算简单, 结果形象明了, 并且具有较强的适用性。随着经济的不断发展、人口的不断增加, 使得赣州市生态压力不断增加。

该市人均生态足迹动态趋势如何? 该市生态赤字如何变化? 该市生态情况表现如何? 这些问题均需解决。因此, 本文应用生态足迹模型的计算方法, 计算出赣州市 2012~2016 年间生态足迹动态发展趋势, 以期对赣州市经济规划管理提供科学依据。

2. 研究区概况

赣州市位于江西省南部, 是江西省面积最大、人口最多的地级市[34], 见图 1。赣州市年降水量丰富, 并且有丰富的动植物资源和矿产资源。“赣”字是江西省的简称, 赣州环境优美, 生态建设优良, 是一座适宜居住的城市, 它的经纬位置为北纬 24°29′~27°09′、东经 113°54′~116°38′之间。赣州市山林众多, 占地面积为 8620 平方千米, 著名的有三清山、齐云山、武当山、五指山等。赣州市以丘陵地貌为主, 丘陵的占地面积为 24,053 平方千米。近年来, 赣州市大力推进经济建设, 经济实力不断增强, 为赣州市的进一步发展奠定了坚实的基础。据数据显示, 赣州市人口在逐年增加, 截止 2015 年赣州市人口数增加至 854.74 万人。经济的发展以及人口的增加使得赣州市生态压力不断增加。

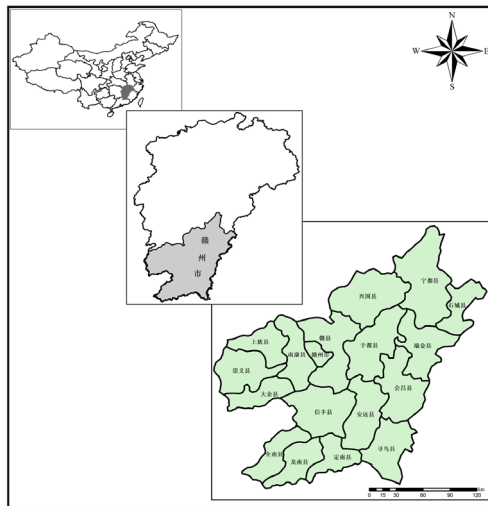


Figure 1. Administrative divisions of Ganzhou, Jiangxi Province
图 1. 江西省赣州市行政区划图

3. 生态足迹模型分析

3.1. 生态足迹模型计算方法

生态足迹的计算公式[10]为:

$$EF = N * ef = N * r_j \sum_{i=1}^n (aa_i) = N * r_i \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{p_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 6. \quad (1)$$

式中: EF 为总的生态足迹(hm^2); N 为总人口; ef 为人均生态足迹(hm^2); aa_i 为第 i 种人均交易商品折算的生物生产面积(hm^2); r_j 为均衡因子; c_i 为第 i 种商品的人均消费量(kg); p_i 为第 i 种消费品的全球平均生产能力(kg/hm^2); i 为消费商品和投入类型。

3.2. 生态承载力计算方法

$$EC = N * ec = N * \sum_{j=1}^6 a_j * r_j * y_j, \quad j = 1, 2, \dots, 6. \quad (2)$$

式中： EC 为总的生态承载力(hm^2)； ec 为人均生态承载力(hm^2)； a_j 为实际人均占有的第 j 类生物生产性土地面积(hm^2)； r_j 为均衡因子； y_j 为产量因子。

3.3. 均衡因子与产量因子的取值

本文均衡因子的取值是根据 Wackernagel M 等进行中国生态足迹计算时的取值[13]，所取产量因子的值是采用的中国平均值，见表 1。

Table 1. Equilibrium factors and yield factors corresponding to each ecologically productive land

表 1. 各生态生产性土地对应的均衡因子和产量因子

土地类型	化石能源地	可耕地	牧草地	水域	林地	建设用地
产量因子		1.66	0.19	1	0.19	1.66
均衡因子	1.1	2.8	0.5	0.2	1.1	2.8

3.4. 生态压力指数计算方法

$$ETI = ef' / ec \quad (3)$$

式中： ETI 为生态压力指数； ef' 为人均生态足迹； ec 为人均生态承载力(hm^2)。

3.5. 生态压力等级划分标准

Table 2. Ecological pressure index classification criteria

表 2. 生态压力指数等级划分标准

等级	生态压力指数	表征状态
1	<0.50	很安全
2	0.50~0.80	较安全
3	0.81~1.00	稍不安全
4	1.01~1.50	较不安全
5	1.51~2.00	很不安全
6	>2.00	极不安全

4. 赣州市生态足迹的计算

4.1. 2012~2016 年赣州市生态足迹计算

4.1.1. 2016 年赣州市生态足迹计算

1) 能源资源人均生态足迹计算

根据《江西省统计年鉴》的相关数据，以及赣州市 2016 年人口数 858.87 万人，可知 2016 年赣州市主要能源的消费量，从而计算出各种能源的人均生态足迹，见表 3。

Table 3. Per capita ecological footprint of energy resources in Ganzhou (2016)

表 3. 赣州市能源资源人均生态足迹(2016)

分类	全球平均能源足迹/ $\text{gj} \cdot \text{hm}^2$	折算系数/ gj/t	消费量/ t	总足迹/ hm^2	人均足迹/ hm^2	土地面积类型
原煤	55	20.934	3,399,679	1,293,979.64	0.150661	化石燃料用地
其他洗煤	55	26.377	7906	3791.5739	0.000441	化石燃料用地

Continued

焦炭	55	28.47	6681	3458.3286	0.000403	化石燃料用地
汽油	93	43.124	4349	2016.6268	0.000235	化石燃料用地
柴油	93	42.705	21,357	9806.9985	0.001142	化石燃料用地
燃料油	71	50.2	8601	6085.5062	0.000708	化石燃料用地
电力	1000	11.84	1,555,000*	18,411.2	0.002144	建筑用地

注: *单位为万 KW.H。

2) 生物资源人均生态足迹计算

根据《江西省统计年鉴》的相关数据,以及赣州市 2016 年人口数 858.87 万人,以及全球平均产量,可知 2016 年赣州市主要生物资源的消费量,从而计算出各种生物资源的人均生态足迹(表 4)和人均生态足迹汇总(表 5 和表 6)。

Table 4. Per capita ecological footprint of biological resources in Ganzhou (2016)

表 4. 赣州市生物资源人均生态足迹(2016)

分类	全球平均产量 kg/hm ²	消费量/kg	总的足迹/hm ²	人均足迹/hm ²	生产面积类型
油料	1856	102,059,000	54,988.6853	0.006402	耕地
麻类	1500	75,000	50	5.821603E-06	耕地
甘蔗	18,000	9,891,000	549.5	6.397941E-05	耕地
蔬菜	18,000	2,996,136,000	166,452	0.019380	耕地
豆类	1856	194,195,000	104,630.927	0.012182	耕地
瓜果	18,000	233,835,000	12,990.8333	0.001513	耕地
茶叶	992	4,856,000	4895.1613	0.000570	林地
柑橘	3500	1,335,438,000	381,553.714	0.044425	林地
梨	3500	13,502,000	3857.7143	0.000449	林地
猪肉	74	508,132,000	6,866,648.65	0.799498	草地
牛肉	33	38,646,000	1,171,090.91	0.136353	草地
羊肉	33	1,420,000	43,030.303	0.005010	草地
禽肉	457	160,038,000	350,192.56	0.040774	草地
水产品	29	312,660,000	10,781,379.3	1.255298	水域

3) 人均生态足迹汇总

Table 5. Summary of Ganzhou's per capita ecological footprint (2016)

表 5. 赣州市人均生态足迹汇总(2016)

土地类型	均衡因子	人均面积/hm ²	均衡面积/hm ²
化石能源地	1.1	0.15359	0.168949
可耕地	2.8	0.039547	0.220731
牧草地	0.5	0.981635	0.490818
水域	0.2	1.255298	0.251060
林地	1.1	0.045444	0.049988
建设用地	2.8	0.002144	0.006003
总计			1.187549

4.1.2. 赣州市 2012~2016 年人均生态足迹汇总

Table 6. Summary of Ganzhou's per capita ecological footprint from 2012 to 2016

表 6. 2012~2016 年赣州市人均生态足迹汇总

年份	化石能源地	可耕地	牧草地	水域	林地	建设用地	总计
2012	0.149152	0.099017	0.459545	0.224394	0.060798	0.004385	0.997291
2013	0.158672	0.102292	0.478734	0.231533	0.070567	0.004852	1.046650
2014	0.156555	0.103860	0.494647	0.240997	0.058385	0.005415	1.059859
2015	0.161450	0.106188	0.499267	0.247676	0.059330	0.005620	1.079531
2016	0.168949	0.220731	0.490818	0.251060	0.049988	0.006003	1.187549

4.2. 2012~2016 年赣州市生态承载力计算

依据江西省各年的统计年鉴相关数据,找出赣州市各年化石能源地、可耕地、牧草地、水域、林地、建设用地的总面积,并依据当年赣州市总人口数把人均面积计算出来。最后用人均面积乘以均衡因子和产出因子就得到赣州市各年的人均生态承载力。

4.2.1. 2016 年赣州市生态承载力计算

依据江西省 2016 年的统计年鉴数据和生态承载力计算方法,把赣州市 2016 年的人均生态承载力计算出来,见表 7。最后减去 12%的生态承载力面积,此面积被用于保护生物多样性,即可得到人均可利用的生态承载力面积,见表 8。

Table 7. Summary of Ganzhou's per capita ecological carrying capacity (2016)

表 7. 赣州市人均生态承载力汇总(2016)

类型	人均面积/hm ²	均衡因子	产量因子	人均承载力/hm ²
可耕地	0.051753	2.8	1.66	0.240548
牧草地	0.001152	0.5	0.19	0.000109
水域	0.005235	0.2	1	0.001047
林地	0.353851	1.1	0.91	0.354205
建设用地	0.001846	2.8	1.66	0.008580
人均生态承载力				0.604489
12%生物多样性保护				0.072539
人均可利用生态承载力				0.53195

4.2.2. 2012~2016 年赣州市各年人均生态承载力

Table 8. Per capita ecological carrying capacity of Ganzhou City from 2012 to 2016

表 8. 2012~2016 年赣州市人均生态承载力汇总

年份	可耕地	牧草地	水域	林地	建设用地	人均承载力	12%生物多样性	可利用承载力
2012	0.24584	0.00014	0.00109	0.35994	0.00489	0.61190	0.07343	0.68533
2013	0.23777	0.00012	0.00107	0.35883	0.00510	0.60289	0.07235	0.53054
2014	0.22684	0.00011	0.00107	0.35759	0.00685	0.59246	0.07110	0.52136
2015	0.23425	0.00012	0.00106	0.35592	0.00769	0.59904	0.07188	0.52716
2016	0.24055	0.00011	0.00105	0.35421	0.00858	0.60449	0.07254	0.53195

5. 赣州市生态足迹分析

5.1. 赣州市生态足迹与生态承载力分析

5.1.1. 赣州市人均生态足迹分析

依据上述表格中的计算数据，将赣州市 2012~2016 年的人均生态足迹做成图表，如图 2。

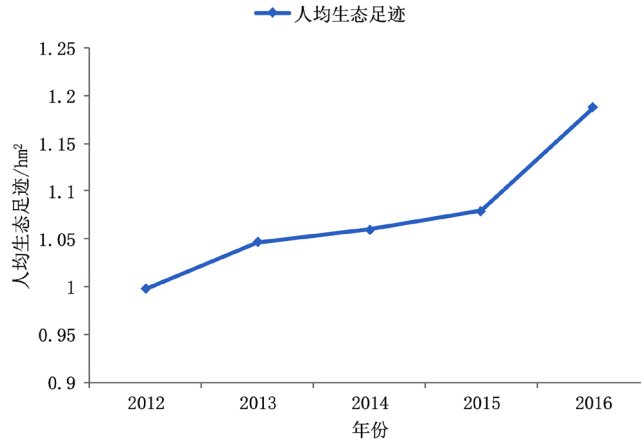


Figure 2. Changes in ecological footprint of Ganzhou City from 2012 to 2016
图 2. 2012~2016 年赣州市生态足迹变化

从图 2 可以看出 2012~2016 年间赣州市人均生态足迹在不断上升，从 2012 年到 2016 年的增长幅度为 19.16%，年均增长幅度为 3.83%。

通过图 3 可知，在生态足迹中，牧草地和水域所占的比例较大，化石能源地也占一部分比例，可耕地、林地和建设用地所占的比例较小。说明赣州市的主要消费品为肉类、鱼类和蔬菜等，因为赣州市处于南方，气温较高，所以用电量比较小，从而建设用地比较少。

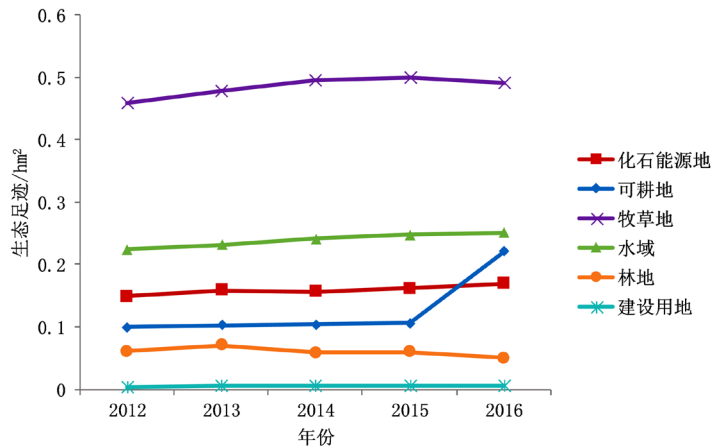


Figure 3. Changes in the ecological footprint of Ganzhou
图 3. 赣州市生态足迹构成变化

造成生态足迹增加的原因是多方面的，主要的原因有：

1) 人民生活水平的提高：由于人民生活水平的不断提高，人们对肉类、蔬菜、鱼类等的需求量增多，增加了对肉类等食品的消费。

- 2) 人口数量增加: 人口数量越多会导致生态足迹越来越大, 对自然资源的利用增加, 加大生态压力。
- 3) 城镇化水平的提高: 赣州市的城镇化水平被赣州市的经济水平带动提高, 从而导致人们对蔬菜等的消费量有所增加, 也增加了能源消费量。

5.1.2. 赣州市人均生态承载力分析

根据计算结果, 将赣州市 2012~2016 年的人均生态承载力整理成图 4。

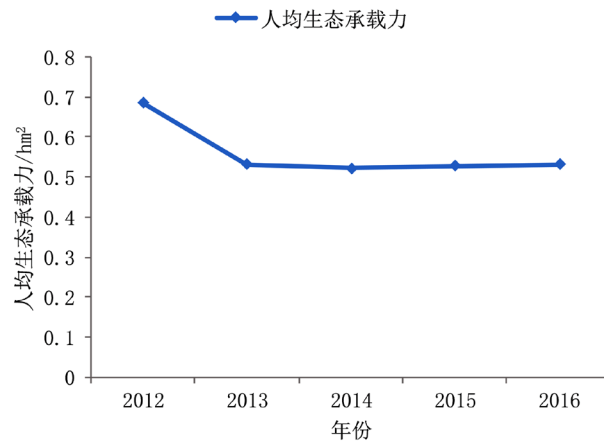


Figure 4. Changes in per capita ecological carrying capacity of Ganzhou City from 2012 to 2016
图 4. 2012~2016 年赣州市人均生态承载力变化

分析图 4 可以看出在总体上, 2012~2016 年赣州市的生态承载力是在下降的, 从 2012 年到 2016 年, 生态承载力减少了 0.1533 hm², 降幅为 22.37%, 年均下降 4.47%。城镇化水平的提高和人们较薄弱的环境保护的意识, 都会使生态承载力越来越小。

通过图 5 可以看出所占生态承载力的比例较大的是林地和可耕地, 所占的比例较小的是建设用地、水域和牧草地。

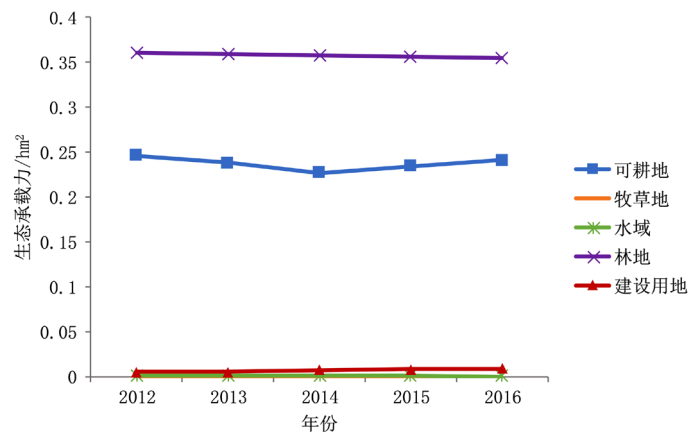


Figure 5. Composition of ecological carrying capacity
图 5. 生态承载力构成

造成赣州市生态承载力下降的主要原因有:

- 1) 人口的增多: 人口数量越多会导致生态承载力越来越小。赣州市的人口数量在不断增加, 为了适应经济的发展, 越来越多的森林被砍伐, 越来越多的水域和草地被过度利用。

2) 城镇化: 赣州市的城镇化进程在不断加快, 问题随之产生。城市建设用地占用的耕地越来越多, 并且由于人们对环境保护的认识还不够深刻, 导致水域、林地和草地等受到破坏, 面积不断减少。

5.2. 赣州市生态赤字/盈余分析

5.2.1. 赣州市生态赤字变化

根据整理的赣州市生态足迹和生态承载力结果, 计算出生态赤字, 见表 9。

Table 9. Ecological deficit of Ganzhou City from 2012 to 2016

表 9. 2012~2016 年赣州市生态赤字

年份	人均生态足迹	人均生态承载力	生态赤字
2012	0.997291	0.68533	0.311961
2013	1.046650	0.53054	0.516110
2014	1.059859	0.52136	0.538499
2015	1.079531	0.52716	0.552371
2016	1.187549	0.53195	0.655599

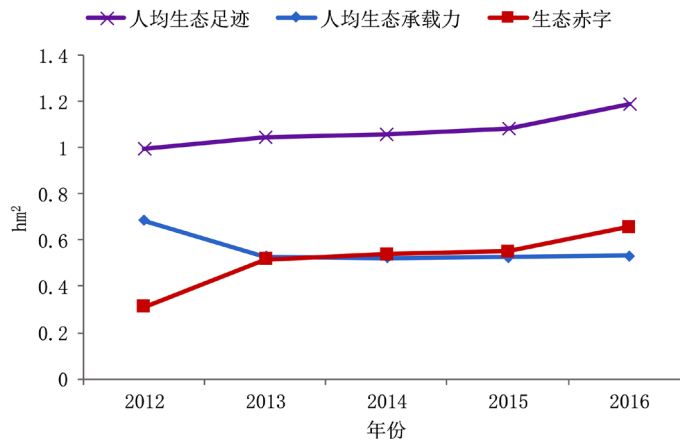


Figure 6. Ecological deficit changes

图 6. 生态赤字变化

通过表 9 和图 6 可以看出, 赣州市的生态足迹一直是赤字状态, 生态赤字从 2012 年到 2016 年增加了 0.3436 hm^2 , 增长幅度为 110.13%, 年均增加 22.03%。

5.2.2. 生态赤字构成分析

根据整理的赣州市生态足迹和生态承载力的结果, 不同的生物生产性土地的人均生态赤字可以被计算出来, 见表 10。

Table 10. Per capita ecological deficits of various types of land in Ganzhou from 2012 to 2016

表 10. 2012~2016 年赣州市各类土地人均生态赤字

年份	化石能源地	可耕地	牧草地	水域	林地	建设用地
2012	0.149152	-0.146823	0.459405	0.223304	-0.299142	-0.000505
2013	0.158672	-0.135478	0.478614	0.230463	-0.288263	-0.000248

Continued

2014	0.156555	-0.122980	0.494537	0.239927	-0.299205	-0.001435
2015	0.161450	-0.128062	0.499147	0.246616	-0.296590	-0.002070
2016	0.168949	-0.019819	0.490708	0.250010	-0.304222	-0.002577

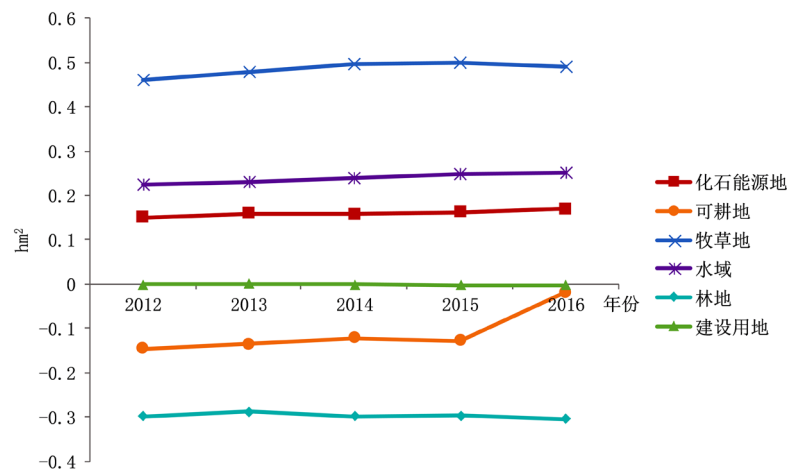


Figure 7. Ecological deficit composition

图 7. 生态赤字构成

通过分析表 10 和图 7 可以得出：

化石能源地、牧草地和水域的生态足迹是处于生态赤字状态的，并且其生态赤字越来越大。由于蛋类和肉类等被人们大量消费，牧草地被使用的频率越来越高，使得其生态赤字越来越大。水域的生态赤字也越来越大，其原因是人们消费鱼类等水产品越来越多。随着赣州市经济发展越来越快，能源也在不断地被消费，造成化石能源地的人均生态赤字也不断地增长。

可耕地、林地和建设用地则表现为生态盈余。退耕还林政策增加了林地的生态承载力，使林地处于生态盈余状态。建设用地的人均生态盈余大体处于下降的状态，说明这几年赣州市的建设用地没有得到科学合理的利用。

5.3. 赣州市生态安全演变

根据整理的赣州市 2012~2016 年生态足迹的计算结果，并结合生态压力的计算公式和生态压力等级划分标准，见表 2，将赣州市 2012~2016 年的生态压力指数计算出来，见表 11。

Table 11. Characteristic status of ecological stress index in Ganzhou City from 2012 to 2016

表 11. 2012~2016 年赣州市生态压力指数表征状态

年份	生态压力指数	表征状态
2012	1.455198	较不安全
2013	1.972801	很不安全
2014	2.032874	极不安全
2015	2.047824	极不安全
2016	2.232445	极不安全

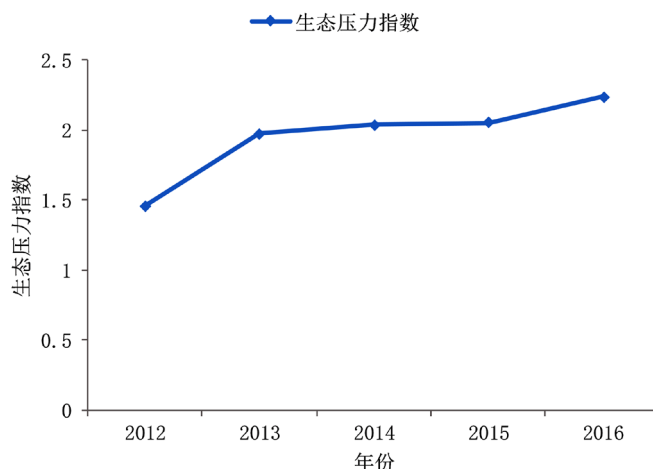


Figure 8. Evolution of ecological stress index
图 8. 生态压力指数演变

通过观察分析表 11 和图 8 可以得出, 赣州市的生态压力指数是在不断上升的, 由 2012 年到 2016 年增加了 0.7772, 增幅为 53.41%, 年均增长 10.68%。赣州市 2012 年的生态处于较不安全状态, 到了 2014~2016 年生态则表现为极不安全状态, 安全等级由第 4 级上升为第 6 级, 表明 2012~2016 年赣州市的生态压力在不断地增加。

6. 结论与建议

本文使用江西省 2012~2016 年数据计算得出生态安全评价, 得出以下四个结论: 1) 赣州市的人均生态足迹越来越大, 从 2012 年到 2016 年的增幅为 19.16%, 年均增幅为 3.83%, 其中牧草地和水域所占比例较大, 可耕地、林地和建设用地所占的比例较小。2012~2016 年赣州市的生态承载力大致是在不断减小的, 从 2012 年到 2016 年减少了 0.1533 hm^2 , 降幅为 22.37%, 年均下降 4.47%, 其中林地和可耕地所占生态承载力的比例较大, 建设用地、水域和牧草地所占的比例较小。2) 赣州市的生态赤字从 2012 年开始一直处于赤字状态, 其生态赤字从 2012 年到 2016 年增加了 0.3436 hm^2 , 增幅为 110.13%, 年均增加 22.03%。3) 赣州市的生态压力指数越来越大, 从 2012 到 2016 年增加了 0.7772, 增长幅度为 53.41%, 年均增长幅度 10.68%。赣州市 2012 年的生态情况表现为较不安全, 之后其生态情况更是表现为极不安全, 安全等级从第 4 级直接上升为第 6 级, 表明 2012~2016 年赣州市的生态压力在不断地增加。4) 各种生态安全问题存在于赣州市化石能源地、可耕地、牧草地、水域、林地、建设用地方面, 其原因有赣州市的经济发展和城镇化进程的不断加快, 以及赣州市人口数量的不断增长。

针对以上问题, 提出以下展望。1) 在能源使用过程中提高技术含量, 从而提高能源的利用率, 避免能源的大量浪费。使能源结构更加合理化, 进一步促进赣州市的经济社会发展。2) 减少农药、化肥等的使用量, 或者施用改良过的残留性低的农药、化肥等, 以此减少对农业耕地的污染, 并且增加耕地的产出率。避免对耕地的过度使用, 保证可耕地生物土壤肥力。3) 在牧草地的承载力范围内适度放牧, 避免草地退化和草地面积的减少。加大对赣州市牧草地的保护力度, 增加在牧草地保护上的投入。4) 适度利用水资源, 加大对水资源保护和治理方面的资金投入, 并在水污染方面加大管理力度。5) 限制对林地的采伐, 避免过度采伐削弱林地的防护功能和生态调节。调整赣州市林地结构, 提高林分质量, 增加可供用于生物生产性的林地。6) 限制建设用地的扩张, 避免因城镇化而盲目扩张建设用地。对赣州市的建设用地进行合理规划, 提高集约利用度, 减小赣州市土地资源压力。

基金项目

国家自然科学基金青年项目(41601600)。

参考文献

- [1] 段艺芳, 任志远, 张翀, 孙艺杰. 能源富集区土壤重金属污染与生态安全研究——以陕北为例[J]. 生态环境学报, 2018, 27(9): 1758-1767.
- [2] 欧阳威, 鞠欣妍, 高翔, 郝芳华, 高冰. 考虑面源污染的农业开发流域生态安全评价研究[J]. 中国环境科学, 2018, 38(3): 1194-1200.
- [3] 汤旭, 冯彦, 鲁莎莎, 张大红. 基于生态区位系数的湖北省森林生态安全评价及重心演变分析[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 886-899.
- [4] 张颖, 苏蔚. 森林生态安全评价探析——以宁夏吴忠市为例[J]. 环境保护, 2018, 46(Z1): 35-40.
- [5] 李岩, 王珂, 刘巍, 李燕坤, 王时军, 张大红. 江苏省县域森林生态安全评价及空间计量分析[J/OL]. 生态学报, 2019, 39(1): 1-13.
- [6] 王路, 许嘉巍, 何栋材. 基于生态足迹模型的湖北省黄冈市生态安全评价[J]. 广东农业科学, 2015, 42(17): 153-158.
- [7] 牛素华. 基于改进型生态足迹的武隆县生态安全评价与预测研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆工商大学, 2015.
- [8] 袁欢, 郑钦玉. 基于能值生态足迹模型的重庆市生态安全评价[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(28): 15806-15808.
- [9] 冯芳, 金爽, 黄巧华, 戴桂斌, 张弢. 基于能值-生态足迹模型的湖北省生态安全评价[J]. 冰川冻土, 2018, 40(3): 634-642.
- [10] 袁文博. 基于生态足迹的南宁市生态安全评价[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2010.
- [11] 郭跃, 程晓昀, 朱芳, 姜瑞华. 基于生态足迹的江苏省生态安全动态研究[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(11): 1327-1332.
- [12] 张东华. 基于生态足迹改进模型的昆明市生态安全评价研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南财经大学, 2012.
- [13] 杨姗姗, 邹长新, 沈渭寿, 沈润平, 左慧婷, 李忠良. 基于RS和GIS的江西省区域生态安全动态评价[J]. 林业资源管理, 2015(2): 100-108.
- [14] Costanza, R., Norton, B.G. and Haskell, B.D. (1992) Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Island Press, Washington DC, 12-25.
- [15] Seto, K.C. and Satterthwaite, D. (2010) Interactions between Urbanization and Global Environmental Change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, 127-128. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.07.003>
- [16] 胡秀芳, 赵军, 查书平, 鲁凤, 王晓峰. 生态安全研究的主题漂移与趋势分析[J]. 生态学报, 2015, 35(21): 6934-6946.
- [17] 燕守广, 唐欢欢, 曹学章, 李海东. 江苏省陆域生态红线区域生态安全评价[J]. 生态环境学报, 2016, 25(10): 1638-1643.
- [18] 张永利, 吴宜进, 王小林, 毛婧瑶, 张家其, 陈跃红. 内蒙古贫困地区生态安全评价及空间格局分析[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(3): 325-333.
- [19] 胡志仁, 龚建周, 李天翔, 孙家仁. 珠江三角洲城市群生态安全评价及态势分析[J]. 生态环境学报, 2018, 27(2): 304-312.
- [20] 魏黎灵, 李岚彬, 林月, 吴仪, 祁新华. 基于生态足迹法的闽三角城市群生态安全评价[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4317-4326.
- [21] 刘宁宁. 基于生态足迹的山东半岛城市群生态安全评价研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2008.
- [22] Zhu, Z. and Woodcock, C.E. (2014) Continuous Change Detection and Classification of Land Cover Using All Available Landsat Data. *Remote Sensing of Environment*, 144, 152-171. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.011>
- [23] 李莉鸿, 李中才. 基于PSR方法的山东省耕地生态安全评价[J]. 国土与自然资源研究, 2020(3): 23-24.
- [24] 郑媛媛, 余敦, 孙聪康, 王检萍, 张田. 基于状态空间模型的耕地生态安全评价——以江西省鄱阳县为例[J]. 水土保持研究, 2020, 27(3): 218-224 + 237.
- [25] 袁媛, 罗志军, 赵杰, 齐松. 基于景观结构和空间统计学的南昌市景观生态安全评价[J]. 水土保持研究, 2020,

27(3): 247-255.

- [26] Zhou, K.H., Liu, Y.L., Tan, R.H. and Song, Y. (2014) Urban Dynamics, Landscape Ecological Security, and Policy Implications: A Case Study from the Wuhan Area of Central China. *Cities*, **41**, 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.06.010>
- [27] 赵筱青, 王兴友, 谢鹏飞, 张龙飞. 基于结构与功能安全性的景观生态安全时空变化——以人工园林大面积种植区西盟县为例[J]. 地理研究, 2015, 34(8): 1581-1591.
- [28] Rasul, G. and Thapa, G.B. (2003) Sustainability Analysis of Ecological and Conventional Agricultural Systems in Bangladesh. *World Development*, **31**, 1721-1741. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(03\)00137-2](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(03)00137-2)
- [29] Shirley, B. and Klaudia, S. (2004) How Community Action, Science and Common Sense Can Work Together to Develop an Alternative Way to Combat Desertification. *Environmental Monitoring and Assessment*, **99**, 161-168. <https://doi.org/10.1007/s10661-004-4016-4>
- [30] Narain, V., Khan, M.S.A., Sada, R., et al. (2013) Urbanization, Peri-Urban Water (in)Security and Human Well Being: A Perspective from Four South Asian Cities. *Water International*, **38**, 930-940. <https://doi.org/10.1080/02508060.2013.851930>
- [31] Wackernagel, M. and Rees, W.E. (1996) *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island.
- [32] Rees, W.E. (1992) Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out. *Environment and Urbanization*, **4**, 121-130. <https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- [33] Rees, W. and Wackernagel, M. (1996) Urban Ecological Footprints: Why Cities Cannot Be Sustainable and Why They Are a Key to Sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, **16**, 223-248. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4)
- [34] 陈金泉, 王海仓, 陈云辉. 生态足迹视角下区域适度人口容量预测——以赣州市为例[J]. 江西理工大学学报, 2017, 38(1): 37-42.