

# 江苏省生态足迹动态分解及区域差异\*<sup>1</sup>

仇蕾<sup>1, 2, 3</sup> 崔韵文<sup>1, 2</sup>

(1. 河海大学商学院, 江苏南京 211100;

2. 河海大学管理科学研究所, 江苏南京 211100;

3. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心, 江苏南京 211100)

**【摘要】**:测算了江苏省 2005~2015 年间的生态足迹, 构建 LMDI 生态足迹分解模型分析了土地结构、技术、经济和人口因素对生态足迹变动的影响, 并利用基尼系数、对数离差均值和泰尔指数分别测算江苏省生态足迹主要影响因素的差异。结果表明:江苏省人均生态足迹从 2005 年的 2.82hm<sup>2</sup>/人增长到 2015 年的 3.88hm<sup>2</sup>/人, 年增长率为 3.24%。土地结构变动、经济快速发展和人口递增对生态足迹的增长起推动作用;科学技术的进步可以抑制资源消耗。技术和经济水平是影响江苏省生态足迹变动的主要因素, 总体差异在逐年递减, 苏南、苏中、苏北区域间存在明显差异。江苏省应加强区际协调发展, 促进苏南、苏中、苏北三大区域的技术学习、经济互补。

**【关键词】**:江苏省;生态足迹;影响因素;区域差异

**【中图分类号】**:F062.2 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2018)06-1388-09

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201806023

十九大上习近平总书记明确指出坚持人与自然和谐共生, 坚持节约资源和保护环境的基本国策, 坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针。江苏省是我国东部沿海较发达、城市化发展较为快速的区域。城镇化进程中的大量人口活动使得土地规模无序扩张、各类资源持续高强度开采。据统计, 1979~2015 年江苏省第二产业平均增长率为 13.6%, 全省的能源消费总量占全国的 7.6%, 人均消费能源 2.48 吨标准煤, 是全国水平的 1.33 倍, 且能源消费中煤使用量 85%和原油使用量的约 90%依赖省外进口<sup>[1]</sup>。2015 年工业排放废水 20.64 亿 t, 产生固体废物 1.07 亿 t, 排放二氧化硫、氮氧化物、烟(粉)尘分别为 83.51×10<sup>4</sup>、106.76×10<sup>4</sup>、65.45×10<sup>4</sup>t。资源的消耗和污染物的大量排放给生态环境带来了巨大的压力, 给江苏可持续协调发展带来了严重的挑战。科学考察和评价江苏省资源环境的可持续发展状态及利用程度是我们进行资源环境保护的前提。

纵观国内外对可持续发展的研究, 其评价方法和模型主要分为三类:第一, 基于系统理论方法构建的指标体系, 如世界经济合作组织(OECD)提出的“驱动力—状态—响应”指标体系<sup>[2]</sup>;第二, 基于环境货币化估值的指标体系模式, 如世界银行的“国民财富”指标;第三, 具体的生物物理量衡量的指标模式, 以加拿大经济学家 William Rees<sup>[3]</sup>等于 1992 年提出的生态足迹模型

<sup>1</sup> 收稿日期:2017-07-25; 修回日期:2017-11-30

基金项目:江苏省社会科学基金重点项目(15GLA005)“基于生态文明理念的江苏新农村生态环境治理研究”

作者简介:仇蕾(1978~), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为资源与环境管理. E-mail:qiulei@hhu.edu.cn

\*通讯作者 E-mail:cuiywhhu@163.com

为代表, 随后其博士生 Wackernagel<sup>[4~6]</sup> 不断发展完善。该方法是一种把所有消费折算为相应的生物生产性土地面积的核算指标, 具有简明易懂、操作性强的特点, 已经被应用到人类各种生产生活行为中, 成为各国政府制定各种经济政策的重要依据。1999 年徐中民等<sup>[7, 8]</sup> 学者将生态足迹概念引入中国, 很快得到国内研究机构和有关学者的关注。张志强等<sup>[9]</sup>、谭伟文等<sup>[10]</sup>、尹科等<sup>[11]</sup> 先后介绍了生态足迹的理论模型、方法和研究进展; 刘某承等<sup>[12]</sup>、赵翠娥等<sup>[13]</sup> 和张佳琦等<sup>[14]</sup> 以生态足迹的动态分析为主, 深入研究生态环境状况, 并对生态潜力进行预测分析。有些学者并不只停留于研究表面现象, 开始探讨生态足迹变动背后的意义。例如, 陈成忠等<sup>[15]</sup> 以小波变换技术为基础, 对中国 1961~2005 年人均生态足迹波动的突变时间及影响因素进行了多时间尺度分析, 发现人均生态足迹的波动主要是由于政策因素和经济因素驱动所致, 科技因素和自然因素也有影响。

本研究对江苏省 2005~2015 年生态足迹进行测算, 分解影响生态足迹变动的关键因素, 找寻江苏省内区域差异规律, 挖掘生态足迹变动的现实原因, 有针对性的提出生态环境治理和可持续发展的政策建议, 对于缓解发展进程中的江苏省资源生态环境需求矛盾, 实现新型工业化和新型城镇化发展具有重大的理论和现实意义。

## 1 模型与数据来源

### 1.1 生态足迹测算模型

生态足迹(Ecological Footprint, EF)用于衡量一定人口所消费的资源 and 吸纳这些人口所产生的废弃物所需要的生物生产性土地面积(包括陆地和水域)。生态足迹分析指标为度量可持续性程度提供了一个“公平秤”, 可以对时间、空间二维的可持续性程度做出客观的度量, 通过引入“生物生产性土地”的概念实现对各种自然资源的统一描述。生物生产性土地主要包括耕地、林地、草地、水域、建筑用地和化石燃料用地等 6 类土地类型, 这 6 类具有不同生态生产性土地面积再乘以相应的均衡因子, 最终转化为具有相同生态生产力的土地面积。

生态足迹的计算公式为:

$$\begin{aligned}
 EF &= N \times ef = N \times \sum r_i a_j \\
 &= N \times \sum r_i \times (c_j/p_j)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

式中:EF 为总生态足迹(hm<sup>2</sup>), N 为人口数量(人); ef 为人均生态足迹(hm<sup>2</sup>/人); i 为土地类型; r<sub>i</sub> 为均衡因子, 即某项消费品所对应的单位土地类型的产量和世界平均生产力水平的该土地类型单位面积的生物产量之比, 是等量化处理各类土地类型的权重系数。本文采用全球一致的均衡因子<sup>[16]</sup>, 分别为:耕地(2.82)、林地(1.10)、草地(0.54)、水域(0.20)、建筑用地(2.82)、化石燃料用地(1.14)。j 为消费项目; a<sub>j</sub> 为人均第 j 种消费品所折算的生物生产性土地面积; c<sub>j</sub> 为第 j 种消费品的人均消费量(kg); p<sub>j</sub> 为第 j 种消费品的全球平均生产力(kg/hm<sup>2</sup>)。

### 1.2 生态足迹分解模型

指数分解分析于 20 世纪 20 年代提出, 主要有 Laspeyres 指数分解、Divisia 指数分解和 Paasche 分解法等。这些分解方法各有优势, 但存在共同缺陷:不能对多个因素分解, 且分解后会存在较大的残差值。Ang 等<sup>[17]</sup> 在 Divisia 指数分解方法的基础上提出了对数平均迪氏指数法(Logarithmic Mean Divisia Index Method, LMDI), 不仅可以进行多个因素的分解, 还具有完全分解残差项和处理 0 值的优点, 具有很好的准确性和聚合性。本文采用 LMDI 分解法来分析江苏省生态足迹的变动, 将土地结构、技术、经济和人口因素与人类活动产生的生态足迹联系起来, 比较不同因素的影响效应, 旨在探讨江苏省生态足迹变动的主要

影响因素及其作用机理，为实现生态可持续发展提供理论依据。LMDI 分解法有加法分解模式和乘法分解模式两种，本文采用加法分解模式来构建生态足迹指数分解模型，见式(2)。

$$\begin{aligned}
 EF &= \sum_i EF_i = \sum_i \frac{EF_i}{EF} \times \frac{EF}{GDP} \times \frac{GDP}{P} \times P \\
 &= \sum_i S_i \times I \times F \times P \quad (2)
 \end{aligned}$$

式中： $i$  为生物生产性土地的种类； $EF_i$  为第  $i$  种生物生产性土地的生态足迹； $S_i$  为第  $i$  类生物生产性土地的生态足迹占总生态足迹的比值，代表生态足迹的结构因素； $I$  为单位 GDP 生态足迹，即生态足迹强度，用生态环境经济利用效率代表生态足迹的技术因素<sup>[16]</sup>； $F$  为人均 GDP，表示江苏省的经济水平，经济发展是自然资源消耗的主要原因，其代表生态足迹的经济因素； $P$  为常住人口，代表生态足迹的人口因素。

$EF^0$  表示基期的生态足迹， $EF^t$  表示第  $t$  期的生态足迹，则第  $t$  期相对于基期的生态足迹的变化量为：

$$\begin{aligned}
 \Delta EF &= EF^t - EF^0 = \sum_i S_i^t \times I^t \times F^t \times P^t - \\
 &\quad \sum_i S_i^0 \times I^0 \times F^0 \times P^0 = \Delta EF_S + \\
 &\quad \Delta EF_I + \Delta EF_F + \Delta EF_P \quad (3)
 \end{aligned}$$

$\Delta EF_S$ 、 $\Delta EF_I$ 、 $\Delta EF_F$ 、 $\Delta EF_P$  分别为生态足迹的结构因素、技术因素、经济因素和人口因素引起的生态足迹的变化量，可表示为式(4)~(7)：

$$\Delta EF_S = \sum_i \frac{EF_i^t - EF_i^0}{\ln EF_i^t - \ln EF_i^0} \times \ln \left( \frac{S_i^t}{S_i^0} \right) \quad (4)$$

$$\Delta EF_I = \sum_i \frac{EF_i^t - EF_i^0}{\ln EF_i^t - \ln EF_i^0} \times \ln \left( \frac{I_i^t}{I_i^0} \right) \quad (5)$$

$$\Delta EF_F = \sum_i \frac{EF_i^t - EF_i^0}{\ln EF_i^t - \ln EF_i^0} \times \ln \left( \frac{F_i^t}{F_i^0} \right) \quad (6)$$

$$\Delta EF_P = \sum_i \frac{EF_i^t - EF_i^0}{\ln EF_i^t - \ln EF_i^0} \times \ln \left( \frac{P_i^t}{P_i^0} \right) \quad (7)$$

### 1.3 研究区域概况

江苏省介于116° 18' ~121° 57' E, 30° 45' ~35° 20' N之间, 位于中国大陆东部沿海地区的中部, 地跨长江、淮南北, 京杭大运河从中穿过。土地总面积10.72×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>, 地形以平原为主, 平原面积超过7×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>, 占江苏省面积的70%以上, 比例居中国各省首位, 土地产出效率高, 成为一大地理优势。行政区域拥有13个省辖市, 2015年常住人口7976.30万人, 人口密度为7.44人/km<sup>2</sup>, GDP为70116亿元, 占全国的10.18%, 农业集约化程度较高, 城市化进入快速发展时期。但江苏省一个典型的资源约束型省份, 国土面积狭小、人口密度过高, 导致以水土资源紧缺为核心因素制约着区域社会经济的可持续发展, 耕地不断减少, 能源和原材料不足, 依赖区外供给; 自然资源过度开发利用和污染大量排放, 致使可持续发展面临巨大压力<sup>[19]</sup>。

江苏省经济发达, 但是存在明显的区域发展差异, 即苏南、苏中和苏北3个层次。按最新统计口径来划分, 苏南包括南京、无锡、常州、苏州、镇江5个地级市, 苏中包括南通、扬州、泰州3个地级市, 苏北则包括徐州、连云港、淮安、盐城、宿迁5个地级市。苏南、苏中、苏北三大区域社会经济发展不平衡, 呈现由南到北递减的趋势, 生态环境与可持续发展状况也出现差异, 主要社会经济指标见表1。各项指标显示出苏南的社会经济状况明显优于苏中和苏北区域, 尤其是苏南与苏北间的差异甚大。苏南地区的GDP是苏中的3.00倍, 是苏北的2.51倍, 苏南地区的人均GDP是苏中的1.48倍, 是苏北的2.27倍。面对区域差异, 江苏省要想实现全面可持续发展, 必须促进苏南、苏中、苏北地区的共同协调发展。

表1 2015年江苏省三大区域主要社会经济指标

地区	土地面积 (km <sup>2</sup> )	人口 (万人)	GDP (亿元)	人均GDP (元)	城镇化率 (%)	GDP结构 (一: 二: 三)
苏南	28 090	3 324. 08	41 518. 73	125 002	75.3	2. 08 : 46. 73 : 51. 18
苏中	20 432	1 642. 52	13 853. 14	84 368	62. 4	5. 89 : 49. 09 : 45. 02
苏北	54 357	3 009. 70	16 564. 30	55 127	59.1	11. 29 : 44. 95 : 43. 76

### 1.4 数据来源与说明

本文以江苏省为研究对象, 时间跨度为2005~2015年。生物资源消费部分包括农产品、动物产品、林产品、水果和木材等, 世界平均产量查询联合国粮农组织网站统计数据库; 能源消费部分包括煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力等, 以世界单位化石能源土地的平均发热量为标准将能源消费转化为化石能源土地面积。为了消除价格因素的影响, GDP(万元)按照价格指数转化为2005年不变价格。以上数据均来自于2006~2016年的《江苏省统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》, 对于部分缺失的数据按照各市的统计年鉴进行增补。

## 2 江苏省生态足迹变化分析

### 2.1 江苏省生态足迹变化趋势

根据式(1)将江苏省 2005~2015 年的自然资源消耗核算成生物生产性土地面积, 计算出江苏省 2005~2015 年的人均生态足迹, 如图 1 所示。结果表明:江苏省人均生态足迹总体上呈现逐年增长的趋势, 2005~2014 年间从 2.82hm<sup>2</sup>/人增长到 4.23hm<sup>2</sup>/人, 年均增长率高达 4.61%; 2015 年下降到 3.88hm<sup>2</sup>/人。主要原因是:江苏省一直倡导生态建设, 出台的一系列政策从各方面严格要求、控制资源使用与生态污染。例如出台的《江苏省生态保护与建设规划(2014~2020 年)》强调加强生态保护与建设, 提高生态承载力, 结合江苏省实情进行拓展, 切实按照率先发展、科学发展、和谐发展的路径, 全面展开经济工作的布局, 注重全面可持续发展的特色要求, 构建和谐社会。直观上来看, 造成 2015 年生态足迹下降的主要因素是林产品开采量的大规模减少, 从 97983t 下降到 51925t, 减轻了林地的生态压力, 造成总生态足迹大幅度降低, 有效抑制了生态资源的浪费现象。从土地类型的人均生态足迹比重来看, 化石燃料土地的贡献量最大, 增长趋势和均衡人均生态足迹增长趋势基本一致, 从 1.29hm<sup>2</sup>/人增长到 2.04hm<sup>2</sup>/人, 年均增长率为 4.69%。化石燃料是对生态环境污染最严重的资源, 需要消耗大量的土地资源去吸收化石燃料排放出的污染物。建筑用地的贡献率最低, 耕地、草地和水域的人均生态足迹在数值上基本保持不变。

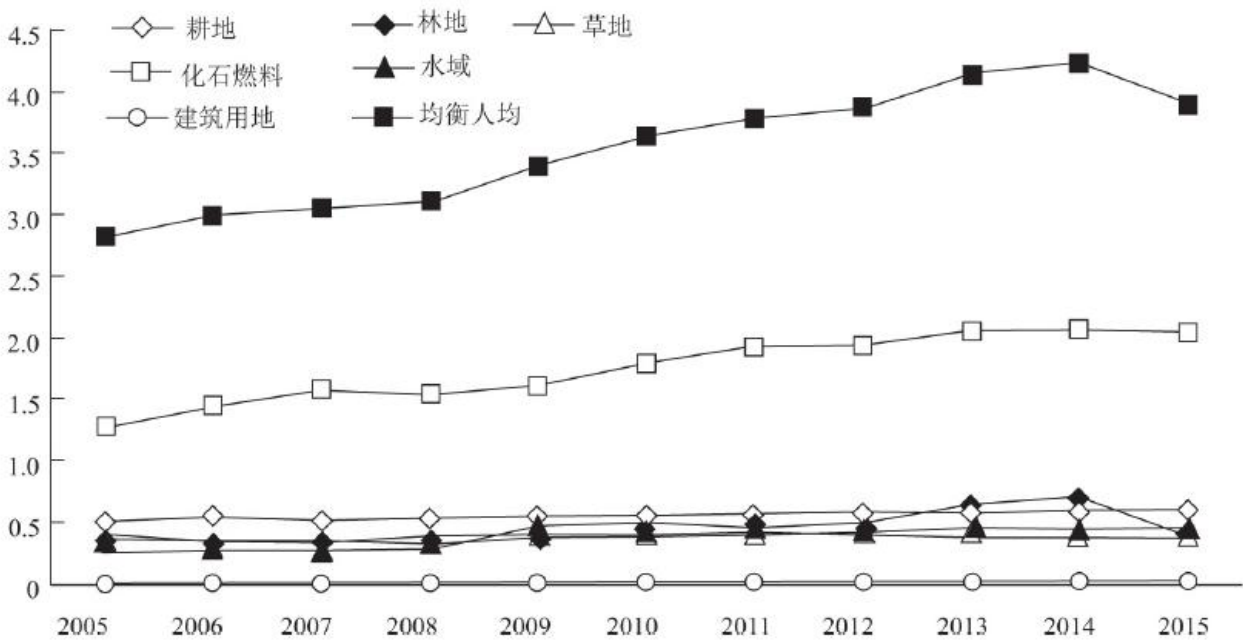


图 1 2005~2015 年江苏省人均生态足迹变化

Fig. 1 Changes of per capita ecological footprint in Jiangsu province from 2005 to 2015

## 2.2 江苏省生态足迹变动影响因素分析

根据式(2)~(7)对江苏省 2005~2015 年的生态足迹变化量进行分解, 由 MATLAB 处理计算得到各因素对生态足迹的影响效应, 如表 2 所示。

表 2 2005 ~ 2015 年江苏省生态足迹动态分解(hm<sup>2</sup>)

年份	结构效应	技术效应	经济效应	人口效应	总生态足迹变化量
2005-2006	8 852	-16.3×10 <sup>6</sup>	28.8×10 <sup>6</sup>	2.0×10 <sup>6</sup>	14.5×10 <sup>6</sup>

2006-2007	2 235	$-25.7 \times 10^6$	$30.2 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	$6.6 \times 10^6$
2007-2008	1 106	$-22.0 \times 10^6$	$27.3 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$6.6 \times 10^6$
2008-2009	35 417	$-6.1 \times 10^6$	$28.0 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$23.5 \times 10^6$
2009-2010	2 698	$-11.7 \times 10^6$	$30.9 \times 10^6$	$2.1 \times 10^6$	$21.2 \times 10^6$
2010-2011	2 076	$-18.9 \times 10^6$	$29.4 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$11.6 \times 10^6$
2011-2012	430	$-20.6 \times 10^6$	$28.3 \times 10^6$	$0.8 \times 10^6$	$8.5 \times 10^6$
2012-2013	12 129	$-6.7 \times 10^6$	$28.3 \times 10^6$	$0.8 \times 10^6$	$22.4 \times 10^6$
2013-2014	467	$-20.3 \times 10^6$	$26.9 \times 10^6$	$0.9 \times 10^6$	$7.5 \times 10^6$
2014-2015	-91 147	$-53.0 \times 10^6$	$25.6 \times 10^6$	$0.7 \times 10^6$	$-26.9 \times 10^6$

从表 2 中可以看出, 2005~2014 年, 土地结构、经济和人口因素所引起的生态足迹变动, 即各因素的效应为正值, 表明土地结构、经济发展和人口规模都是促进生态足迹增长的因素; 土地结构和人口效应的贡献值较低, 对生态足迹的影响不显著; 经济效应贡献值最大, 是驱动江苏省生态足迹增长的主要因素。技术效应对江苏省生态足迹变动的贡献值为负值, 表明技术进步有效降低了生态足迹, 是抑制生态环境恶化的重要因素。2014~2015 年, 得益于结构效应、技术效应的贡献, 生态足迹变化为负值, 说明生态足迹开始出现递减现象, 江苏省的生态环境保护政策有效抑制了自然资源的大量消耗。

从生态足迹指数分解模型的分析结果可知, 技术效应和经济效应是江苏省生态足迹变动的主要驱动力, 二者呈现相反的变动趋势。经济因素是导致生态足迹增长的关键因素, 经济效应/总生态足迹变化比值在 2006~2007 年达到最大值 460.23%, 经济快速发展, 对资源环境高度依赖, 成为加速生态足迹增长的主要因素, 此时江苏省人均 GDP 从 2.47 万元增长到 2.93 万元, 年增长率为 18.6%。从 LMDI 分解结果可知, 技术进步有助于减少生态足迹, 改善江苏省生态环境, 缓解经济发展、人口增长给生态环境带来的压力。江苏省万元 GDP 生态足迹从 2005 年的  $1.15 \text{hm}^2/\text{万元}$  降低到 2014 年的  $0.52 \text{hm}^2/\text{万元}$ , 年下降率为 9.2%, 说明科学进步促使生态资源利用效率逐年提高。因此, 应加大资源利用及生态环境保护技术的创新, 实现全方面的技术进步。

### 3 江苏省内地区生态足迹关键因素差异分析

由生态足迹指数分解模型的分析结果可知, 技术和经济因素是造成江苏省生态足迹变动的主要驱动力。因此, 进一步测算其 13 个市的技术和经济发展水平以及各自差异显得尤为重要, 从而为之后的政策措施提供有价值的信息。目前学术界主要采用变异系数、基尼系数<sup>[20]</sup> (GINI)、对数离差均值<sup>[21]</sup> (GE0)、泰尔指数<sup>[22]</sup> (GE1) 等不平衡指标来衡量地区差异程度。基尼系数一般对中等收入水平的变化较敏感, 对数离差均值对底层收入水平的变化较敏感, 而泰尔指数则对上层收入水平的变化敏感<sup>[21]</sup>。本章将同时运用基尼系数、对数离差均值、泰尔指数 3 项指标来进行衡量江苏省生态足迹主要影响因素技术水平 ( $I=EF/GDP$ )、经济水平 ( $F=GDP/P$ ) 的差异程度。

#### 3.1 市级技术及经济水平差异测算

本文对江苏市域 2005~2015 年生态足迹影响因素技术水平、经济水平分别进行测算, 各市的均值见图 2、图 3。

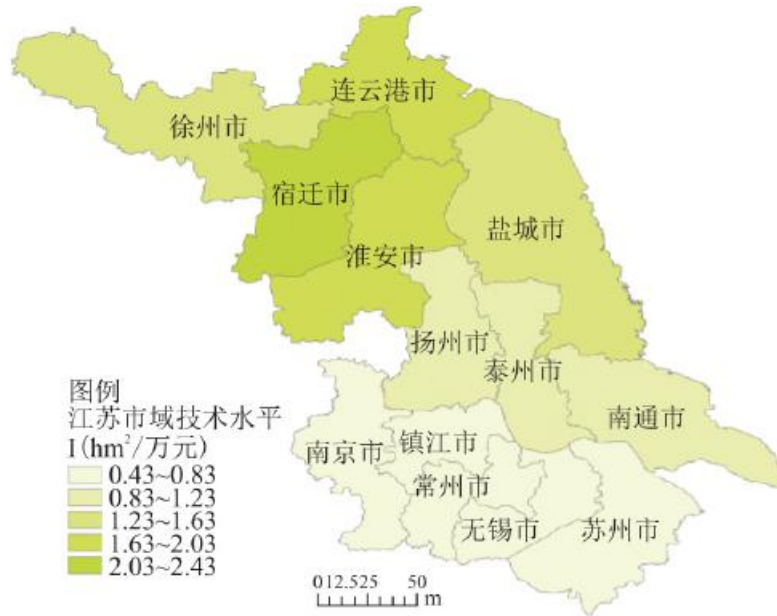


图 2 2005~2015 年江苏省 13 市技术水平均值

Fig. 2 Mean of technique level of 13 cities in Jianguo province from 2005 to 2015

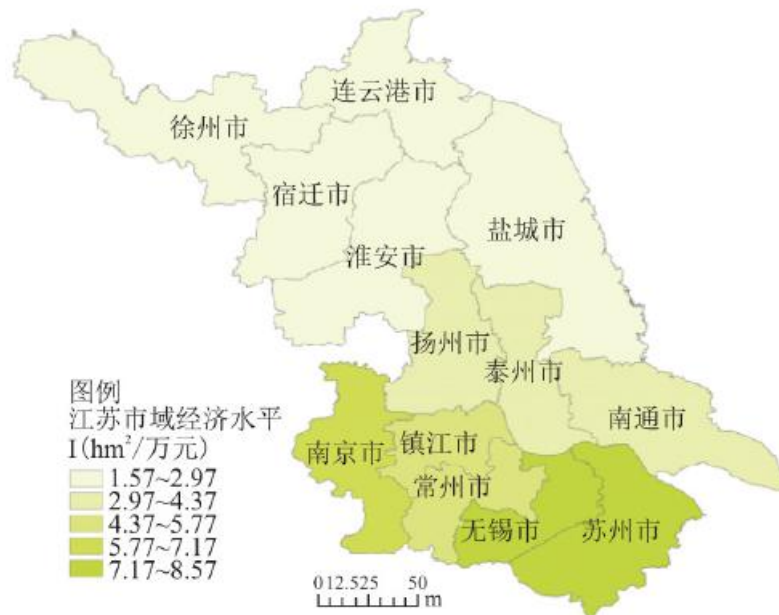


图 3 2005~2015 年江苏省 13 市经济水平均值

Fig. 3 Mean of economic level of 13 cities in Jianguo province from 2005 to 2015

由图 2、图 3 可知，江苏省 13 市的技术和经济水平区域性差异十分显著，呈现出苏南、苏中、苏北三片的整体差异。苏北区域的宿迁、连云港、淮安的技术水平最低；苏南区域的苏州、无锡、南京的经济水平最高。苏北地区经济发展不发达，技术水平落后，生态足迹强度从 2005 年的  $2.35\text{hm}^2/\text{万元}$  降低为 2015 年的  $1.05\text{hm}^2/\text{万元}$ ，年均减少率为 7.7%，其中 2005~2015 年间宿迁市的生态足迹强度为  $2.42\text{hm}^2/\text{万元}$ ，技术水平最落后。苏南区域经济快速发展，其生态压力逐年增高，大量消耗自然资源，经济水平明显高于苏中、苏北区域。2005~2015 年无锡市和苏州市的经济水平最高，分别为 8.57 万元/人、8.05 万元/人。无锡和苏州紧靠国家级区域中心城市上海，与之有着密切的地缘联系，接受经济中心城市的辐射作用，同时交通发达便于发展贸易与吸引外资，因此经济实力较强。

根据生态足迹的主要影响因素  $I=EF/GDP$  和  $F=GDP/P$  测算出江苏省 2005~2015 年 13 个市的技术、经济水平差异的基尼系数、对数离差均值和泰尔指数，如表 3 所示。

表 3 2005 ~ 2015 年江苏省技术及经济水平区域差异指标测算结果

年份	GINI(I)	GINI(F)	$GE_0(I)$	$GE_0(F)$	$GE_1(I)$	$GE_1(F)$
2005	0.306 4	0.319 8	0.160 6	0.168 1	0.148 5	0.162 0
2006	0.297 4	0.304 3	0.148 7	0.152 5	0.139 6	0.146 2
2007	0.289 0	0.290 1	0.138 6	0.139 4	0.131 7	0.133 0
2008	0.283 6	0.283 9	0.132 8	0.133 1	0.126 7	0.127 1
2009	0.280 1	0.279 5	0.129 0	0.128 9	0.123 4	0.123 0
2010	0.271 0	0.265 1	0.118 7	0.115 9	0.115 5	0.110 1
2011	0.270 2	0.263 2	0.117 8	0.114 5	0.115 0	0.108 7
2012	0.270 1	0.262 4	0.117 5	0.113 9	0.115 0	0.108 0
2013	0.157 1	0.262 4	0.117 9	0.114 0	0.115 4	0.108 1
2014	0.271 3	0.262 6	0.118 4	0.114 3	0.116 0	0.108 3
2015	0.271 8	0.262 9	0.118 8	0.114 7	0.116 3	0.108 5

江苏省市域间的技术、经济差异是长期以来不同区域的区位条件、自然资源、基础设施等条件差异造成的，也是人才禀赋、市场观念、技术素质等因素在市场条件下综合作用的结果。从测算结果看，2005~2015 年江苏省 13 市技术、经济水平差异逐年递减，基尼系数、对数离差均值和泰尔指数呈现一致的变化趋势。其原因是江苏省不断地进行政策调整，苏南地区开始大力扶持苏北地区，苏南地区的苏州、常州、无锡、南京等地不断地将部分产业转移到苏北的宿迁、连云港等地，经济产业的空间转移不仅带动了当地经济发展，还有利于技术水平的交流与提高<sup>[23]</sup>。

### 3.2 苏南、苏中、苏北技术及经济水平差异分析

基尼系数无法进行组内和组间分解，本文采用对数离差均值和泰尔指数的分解方法对苏南、苏中、苏北三大区域的技术、经济水平差异程度进行实证度量。由于对数离差均值和泰尔指数的分解结果大体一致，在此仅列出泰尔指数的分解结构，如表4、表5所示。

表4 2005 ~ 2015 年技术水平的区域差异

年份	苏南 (I)	苏中 (I)	苏北 (I)	总体差异	区域内差异	区域间差异	区域内差异占比	区域间差异占比
2005	0.028 3	0.002 4	0.022 4	0.148 5	0.019 4	0.129 1	13.06%	86.94%
2006	0.024 7	0.002 4	0.022 1	0.139 6	0.018 6	0.121 0	13.31%	86.69%
2007	0.020 9	0.002 1	0.021 6	0.131 7	0.017 5	0.114 2	13.32%	86.68%
2008	0.019 6	0.002 4	0.020 9	0.126 7	0.016 9	0.109 7	13.35%	86.65%
2009	0.018 8	0.002 5	0.020 8	0.123 4	0.016 7	0.106 8	13.52%	86.48%
2010	0.015 4	0.002 3	0.022 3	0.115 5	0.016 8	0.098 6	14.59%	85.41%
2011	0.015 6	0.002 3	0.023 3	0.115 0	0.017 5	0.097 5	15.21%	84.79%
2012	0.015 9	0.002 3	0.024 1	0.115 0	0.018 0	0.097 0	15.64%	84.36%
2013	0.015 8	0.002 3	0.024 3	0.115 4	0.018 1	0.097 3	15.69%	84.31%
2014	0.015 8	0.002 3	0.024 5	0.116 0	0.018 2	0.097 8	15.71%	84.29%
2015	0.015 8	0.002 3	0.024 5	0.116 3	0.018 2	0.098 1	15.65%	84.35%

表5 2005 ~ 2015 年经济水平的区域差异

年份	苏南 (F)	苏中 (F)	苏北 (F)	总体差异	区域内差异	区域间差异	区域内差异占比	区域间差异占比
2005	0.031 1	0.002 4	0.018 2	0.162 0	0.023 4	0.138 6	14.43%	85.57%
2006	0.027 1	0.002 4	0.018 0	0.146 2	0.020 6	0.125 7	14.06%	85.94%
2007	0.022 7	0.002 1	0.017 7	0.133 0	0.017 6	0.115 4	13.25%	86.75%
2008	0.021 3	0.002 4	0.017 3	0.127 1	0.016 7	0.110 4	13.15%	86.85%
2009	0.020 5	0.002 4	0.017 3	0.123 0	0.016 2	0.106 8	13.14%	86.86%
2010	0.017 2	0.002 3	0.018 6	0.110 1	0.014 4	0.095 7	13.05%	86.95%
2011	0.017 4	0.002 3	0.019 2	0.108 7	0.014 6	0.094 0	13.46%	86.54%
2012	0.017 6	0.002 3	0.019 8	0.108 0	0.014 9	0.093 2	13.77%	86.23%
2013	0.017 6	0.002 3	0.020 1	0.108 1	0.014 9	0.093 2	13.79%	86.21%
2014	0.017 6	0.002 3	0.020 3	0.108 3	0.014 9	0.093 3	13.78%	86.22%

由表 4、5 可知, 2005~2006 年, 江苏省内部技术水平差异最大的是苏南区域, 苏北次之, 苏中区域差异最小; 2006 年以后, 苏北地区内部技术水平差异最大, 苏中地区依然是差异最小的区域。2005~2009 年间苏南内部的经济差异高于苏中和苏北地区, 但 2010 年后苏北内部的经济水平差异最大, 且差异逐年增大。苏南区域技术、经济水平差异从 2005 年一直呈现稳定下降的趋势; 苏中区域基本保持不变; 苏北变化比较复杂, 基本上呈先下降后上升趋势。相较于苏南与苏中的比较集中的空间布局, 苏北没有形成“城市链”, 不利于信息交流和技术创新的扩散, 也不利于产生集聚经济和规模经济, 造成苏北区域内城市间的差异慢慢显著出现。总体上, 苏南、苏北区域差异波动幅度大, 而苏中区域差异则基本不变, 始终在一个水平周围波动。

从泰尔指数分解结果可知, 江苏省的组间差异占比均高于组内差异占比, 2005~2015 年间组间差异占比基本保持在 85%左右, 即苏南、苏中、苏北三大区域间的技术、经济差异是造成江苏省整体差异的主要原因。近几年内, 苏南、苏中、苏北各区域间的技术水平差异有降低的趋势, 各区域间的经济水平差异基本保持稳定。各级政府采取非均衡、多层次、有重点的促进投资策略, 使苏南和苏中区域聚集了大量的生产要素, 形成了基本完整的产业链, 却加剧了苏北的比较劣势, 减少了其经济发展、技术创新机遇<sup>[24]</sup>, 不利于缩小三大区域间的差异。其次, 苏南地区位于我国生产力布局的两大轴线(长江、沿海)的交会处, 水陆空交通便利、基础设施完善、科技实力强、拥有大量的熟练劳动力等方面明显优于苏中与苏北, 这是造成江苏省区域间差异的主要原因。因此, 必须要缩小三大区域间的发展差异, 实现技术、经济协调发展, 在制定相关发展策略时, 应从各区域的实际情况出发, 具体问题具体分析, 充分发挥各区域的技术、经济的比较优势, 形成苏南继续提升、苏中加速崛起、苏北迅速振兴的区域发展新格局。同时, 实行跨区域发展, 通过优化的技术、经济发展模式促进江苏省整体的协调健康发展。

## 4 结论与讨论

(1) 2005~2015 年江苏省人均生态足迹从 2.82hm<sup>2</sup>/人上升到 3.88hm<sup>2</sup>/人, 除个别年份外, 总体上呈现为增长态势。以化石燃料资源核算的生态足迹构成了江苏省生态足迹的主体, 建筑用地的贡献最小, 其余类型土地的贡献介于两者之间且差别不大。从分解分析结果可知, 技术水平和经济水平主导了江苏省生态足迹的变化。技术水平是抑制生态足迹增长的关键因素, 经济水平则是生态足迹增长的主要驱动力, 人口水平和结构水平虽然也推动了生态足迹的增长, 但是贡献力较弱。江苏省要建设环境友好型社会, 必须大力度保护生态环境, 降低经济发展对生态足迹的推动作用, 而科学技术进步是重要手段, 应鼓励和支持各地区开展经济、技术和人才合作, 以技术提高资源使用效率, 实现经济与生态共同发展。

(2) 江苏省生态足迹变动的技术水平和经济水平在地区间的差异比较明显。从市级层面来看, 总体差异在不断缩小, 并且三大区域间的差异也有缩小趋势, 但其仍然是造成江苏省经济、技术发展不平衡的主要原因, 政府在制定区域技术、经济发展策略时, 应注意加强区际协调发展, 促进苏南、苏中、苏北三大区域的技术学习、经济互补; 从区域层面来看, 无论是技术水平还是经济水平, 苏北近年来的差异不断扩大, 超过了苏南和苏中。政府对于苏北区域, 在继续保持人与自然和谐相处的前提下, 大力发展经济, 以技术进步带动调整产业结构, 充分利用良好的资源环境基础发展各种适宜产业。同时加大对苏北地区的投资力度, 给予更多的优惠政策, 积极引进外资推动当地技术、经济的快速繁荣发展, 逐步缩小地区差异, 实现江苏省的整体共同繁荣。

本文的分析研究探讨了土地结构、技术进步、经济发展和人口规模对江苏省生态足迹变动的影响效应及主要影响因素在江苏省内的区域差异。但生态足迹受多方面影响, 例如政策因素对生态足迹有着直接和间接的影响, 各市场的政治制度也存在明显差异。由于政治要素数据获取困难, 本文没有进行深入挖掘。在以后工作中尚需要收集相关数据进行进一步研究, 以期为江苏省的生态环境可持续发展提供有价值的科学数据和成果支持。

### 参考文献:

---

[1] 王远, 周婧, 王义琛, 等. 江苏省资源消费与经济增 1394 长江流域资源与环境 第 27 卷长的协整分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(6) : 51—56.

WANG Y, ZHOU J, WANG Y C, et al. Cointegration and causality analysis between resource consumption and economic growth in Jiangsu Province [J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(6) : 51—56.

[2] ADRIAANSE A. Environmental policy performance indicators [M]. Uitgeverij, The Hague: A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands, 1993.

[3] REES W E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2) : 121—130.

[4] REES W E, WACKERNAGEL M, TESTEMALE P. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth [M]. New Society Publishers, 1996.

[5] WACKERNAGEL M, MONFREDA C, SCHULZ N B, et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges [J]. Land Use Policy, 2004, 21(3) : 271—278.

[6] MONFREDA C, WACKERNAGEL M, DEUMLING D. Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments [J]. Land Use Policy, 2004, 21(3) : 231—246.

[7] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析 [J]. 地理学报, 2000(5) : 607—616.

XU Z M, ZHANG Z Q, CHENG G D. The calculation and analysis of ecological footprints of Gansu Province [J]. Acta Geographica Sinica, 2000(5) : 607—616.

[8] 徐中民, 张志强, 程国栋, 等. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(2) : 280—285.

XU Z M, ZHANG Z Q, CHENG G D, et al. Ecological footprint calculation and development capacity analysis of China in 1999 [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(2) : 280—285.

[9] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型 [J]. 生态经济, 2000(10) : 8—10.

ZHANG Z Q, XU Z M, CHENG G D. The concept of ecological' footprints' and computer models [J]. Ecological Economics, 2000(10) : 8—10.

[10] 谭伟文, 文礼章, 全宝生, 等. 生态足迹理论综述与应用展望 [J]. 生态经济, 2012(6) : 173—181.

TAN W W, WEN L Z, TONG B S, et al. Review on the Methods of Ecological Footprint and Applying Prospect [J]. Ecological Economics, 2012(6) : 173—181.

[11] 尹科, 王如松, 姚亮, 等. 生态足迹核算方法及其应用研究进展 [J]. 生态环境学报, 2012, 21(3) : 584—589.

---

YIN K, WANG R S, YAO L, et al. Review of the ecological footprint [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(3) : 584—589.

[12] 刘某承, 王斌, 李文华. 基于生态足迹模型的中国未来发展情景分析 [J]. 资源科学, 2010, 32(1) : 163—170.

LIU M C, WANG B, LI W H. Analysis and dynamic prediction of China's development based on the ecological footprint method [J]. Resources Science, 2010, 32(1) : 163—170.

[13] 赵翠娥, 丁文荣. 昆明市 2000—2010 年的生态足迹动态分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(s1) : 99—102.

ZHAO C E, DING W R. Dynamic analysis of ecological footprint during 2000 — 2010 of Kunming City [J]. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(s1) : 99—102.

[14] 张佳琦, 段玉山, 伍燕南. 基于生态足迹的苏州市可持续发展动态研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(2) : 177—184.

ZHANG J Q, DUAN Y S, WU Y N. Dynamic analysis of sustainable development in Suzhou on ecological footprint [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(2) : 177—184.

[15] 陈成忠, 林振山. 中国 1961 ~ 2005 年人均生态足迹变化 [J]. 生态学报, 2008, 28(1) : 338—344.

CHEN C Z, LIN Z S. Wavelet analysis of China's per capita ecological footprint from 1961 to 2005 [J]. Acta Ecological Sinica, 2008, 28(1) : 338—344.

[16] MATHIS W, YOUNT D J. The ecological footprint: an indicator of progress toward regional sustainability [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1998(51) : 511—529.

[17] ANG B W, LIU F L. A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation [J]. Energy, 2000, 26(6) : 537—548.

[18] 洪思扬, 王红瑞, 朱中凡, 等. 辽宁省水资源生态足迹与生态承载力分析 [J]. 水利经济, 2016, 34(3) : 46—52.

HONG S Y, WANG H R, ZHU Z F, et al. Ecological footprint and carrying of water resources in Liaoning Province [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2016, 34(3) : 46—52.

[19] 谈静华, 汤茂林. 生态足迹理论与江苏生态省建设 [J]. 南京师大学报(自然科学版), 2006, 29(1) : 121—126.

TAN J H, TANG M L. The theory of ecological footprint and the eco—Province Construction of Jiangsu [J]. Journal of Nanjin Normal univerty ( Natural Science ), 2006, 29(1) : 121—126.

---

[20] 蔡安宁,庄立,梁进社. 江苏省区域经济差异测度分析——基于基尼系数分解[J]. 经济地理, 2011, 31(12) :1995—2000.

CAI A N, ZHUANG L, LIANG J S. Analysis of regional economic inequality in Jiangsu Province by decomposition of Gini [J]. Economic Geography, 2011, 31(12) : 1995—2000.

[21] 刘亦文,文晓茜,胡宗义. 中国污染物排放的地区差异及收敛性研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2016(4) : 78—94.

LIU Y W, WEN X Q, HU Z Y. Analysis on the difference and convergence in pollutant emission in China [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2016 (4) : 78 —94.

[22] 赵锋. 我国流通产业发展水平的测度与区域差异分析——基于 1997—2012 年数据的实证研究 [J]. 广西社会科学, 2014(3) : 79—83.

ZHAO F. An analysis of the measurement and regional difference of the development level of China' s circulation industry——An empirical study based on the data from 1997 to 2012 [J]. Guangxi Social Science, 2014(3) : 79 —83.

[23] 曹芳东,黄震方,吴江,等. 1990 年以来江苏省区域经济差异时空格局演化及其成因分析 [J]. 经济地理, 2011, 31(6) : 895—902.

CAO F D, HUANG Z F, WU J, et al. The county' s economic development and genetic analysis of spatial and temporal differences in Jiangsu Provinces [J]. Economic Geography, 2011, 31(6) : 895—902.

[24] 上官敬芝. 江苏省区域经济发展差异的形成原因探析 [J]. 统计与决策, 2010(14) : 109—111.

SHANGGUAN J Z. A study of the reasons for the differences in Jiangsu regional economy [J]. Statistics & decision, 2010(14) : 109—111.