
生态福利绩效视角下的 上海市可持续发展评价研究

龙亮军¹, 王霞¹, 郭兵²

(1. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092;

2. 上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200052)

【摘要】资源与环境约束加剧的大背景下,在“生态门槛”内实现社会福利最大化的可持续发展模式是未来城市发展的必然选择。从生态福利绩效视角出发,选取人均生态足迹和人类发展指数构建城市可持续发展评价指标体系,并采用 DEA 方法计算二者的投入产出效率,对上海市 1999-2012 年可持续发展水平进行多维度、动态化的实证分析。研究发现:^①上海市人类发展指数、人均生态足迹与经济发展同步增长,但人均生态足迹水平大于生态承载能力,处于严重“生态赤字”,状态,并不断恶化;^②上海市多数年份的生态福利绩效处于 DEA 无效状态,且 2005 年以来进入规模收益递减通道。最后提出政策建议。

【关键词】生态福利绩效;可持续发展;生态足迹;人类发展指数;DEA

【中图分类号】F015 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1004-8227 (2016) 01-0009-07

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201601002

“可持续发展”的概念是在 1987 年联合国世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中正式提出的,其定义为:“既满足当代人的需求又不对满足后代人需求能力造成危害的发展”^[1]。“可持续发展”概念的提出,得到了世界各国的广泛接受和认可,成为人类进入 21 世纪以来共同追求的目标。

收稿日期: 2015-05-06 ; **修回日期:** 2015-06-24

基金项目: 2012 年国家社科基金重大项目 (12 & ZD026) [National social science Foundation of China (Grant (12 & ZD026))] ; 2013 年上海软科学研究基金重点课题 (13692180100) [Soft Science Foundation of shanghai (Grant (13692180100))]

作者简介: 龙亮军 (1988-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为城市发展与管理. E-mail: alaneslong888 @ 163.com

作为我国第一大城市，上海拥有最大的工业基地，是国家经济中心。然而工业的发展带来经济增长的同时也付出了较高环境代价，城市“雾霾”天气越来越严重，城市居民的生活质量也因此大大折扣，近年来成为人们备受关注的热点问题。过度的资源消耗和环境污染已对城市的可持续发展

展构成了严重威胁。在资源与环境约束加剧的大背景下，城市的可持续发展应在“生态门槛”内，实现人类社会福利的最大化。生态福利绩效是指自然消耗转化为福利水平的效率^[2]。本文通过计算上海市 1999-2012 年期间的人均生态足迹（自然消耗的体现）和人类发展指数（福利水平的体现），来评价这 14a 的可持续发展程度，并运用 DEA 方法测算其投入产出的效率，有助于进一步判断系统的有效性，最后为城市可持续发展转型路径提出有效对策建议。

有关可持续发展评价的研究在国内外一直是研究的热点领域，主要从两方面进行研究：一方面是基于系统理论的可持续发展指标体系法，如经济合作与发展组织（OECD）（1993）提出来的压力-状态-响应（PSR）模型^[3]；另一方面是基于经济学理论，从社会、经济、环境不同层面，采用可持续发展评价指数法，如 Daly 和 Cobb（1989）提出的可持续经济福利指标（ISEW）^[4]，Cobb 等（1995）提出的真实发展指数（GPI）^[5]，联合国开发计划署（UNDP）（1990）提出的人类发展指数（HDI）^[6]，Sen（1974）提出的福利水平指数^[7]，Rees（1992）提出的生态足迹法（EF）^[8]，美国耶鲁大学和哥伦比亚大学合作提出来的环境可持续性指数（ESI）^[9]。

结合相关文献发现，可持续发展评价指标体系法综合反映社会、经济、生态和系统的发展水平和协调程度，但由于指标繁多，过于复杂，不易比较，且各指标间的关联性又相对弱；而评价指数却往往偏重某一方面，不能全面衡量，如人类发展指数（HDI）没有考虑发展对生态资源的消耗和环境的影响程度^[10]，而生态足迹（EF）只计算了人类发展对生态环境系统的影响，没有体现经济、社会等方面的福利水平发展。为此，新经济基金会（NEF）于 2006 年首次提出“幸福星球指数”（HPI）^[11]将环境影响和福利结合起来测度，将生态足迹作为生态消耗投入，幸福生活年限作为福利产出，其中幸福生活年限是生活满意度和预期寿命的乘积。虽然“幸福星球指数”综合考虑了发展对生态环境的影响以及福利水平，但由于“生活满意度”是主观福利数据，主要来自于受访者的自我报告，受访者常常会因为“社会比较”和“享乐适应”的影响^[12,13]，从而致使自我报告的福利水平数据出现偏差。

诸大建^[14]在 Daly^[15]可持续经济福利效率的思想基础上，在国内首次提出了生态福利绩效的概念：生态福利绩效是指自然消耗转化为福利水平的效率。在一定的自然消耗水平或者福利水平下，生态福利绩效反映了一个国家或地区的可持续发展程度。并将其定量的表述为：

$$EP = \frac{HDI}{EF}$$

其中：EP（Ecological Performance）表示生态福利绩效；HDI(Human Development Index)是指人类发展指数，作为衡量生态福利的指标；EF(Ecological Footprint)是指生态足迹，作为衡量自然消耗的指标。

生态福利绩效与幸福星球指数的区别在于其客观性，避免了上文提到的人们因受“社会比较”和“享乐适应”的影响而对自身福利状况产生不客观判断的问题。鉴于此，本文尝试从生态福利绩效的角度出发，对上海市 1999–2012 年期间的可持续发展趋势进行评价研究，建立 DEA 评价模型来评价其投入产出效率，并通过效率分析提出有效对策和建议。

1 城市可持续发展效率评价的 DEA 模型

数据包络分析（Data Envelopment Analysis），简称 DEA，是由美国著名运筹学家 Charnes 等于 1978 年提出来的，以相对效率概念为基础发展起来的一种系统分析方法^[16]。CCR 模型^[17]研究在规模收益不变的假设下，决策单元的效率评估。DEA 的优点是不需要事先给定评价指标的权重，避免传统评价方法人为确定权重的主观性，不必确定输入与输出的关系表达式，具有很强的客观性^[18]。

首个 DEA 模型，于 1978 年由 Charnes、Cooper 与 Rhodes 共同创建，通常被称为 CCR 模型^[19]。具体形式如下：

$$\begin{aligned} & \text{Min} \theta \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{rj} \leq y_{r0}, r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (3-1)$$

式中： θ 为效率综合评价价值； λ 为输入变量系数；模型（3-1）是在保持产出不变的情况下，尽量缩小决策单元的资源投入，也称为基于投入的 CCR 模型。

可以用 CCR 模型中 λ_j 的最优值来判别 DMU₀的规模收益情况：若 $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1$ 是否等于 1，则 DMU₀为规模收益不变，此时规

模收益达到最大产出规模点；若 $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$ ，则 DMU₀为规模收益递增，表明

DMU₀在投入 X_0 的基础上, 适当增加投入量, 产出量将有更高比例的增加; 若 $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1$, 则 DMU₀ 规模收益递减, 表明 DMU₀

在投入 X_0 的基础上, 增加投入量不可能带来更高比例的产出^[20]。

2 指标、研究方法和数据

2.1 评价指标体系

本文在诸大建等^[14]的研究基础上, 从人类发展指数、人均生态足迹两方面构建城市的可持续发展评价指标体系。其中人类发展指数 (HDI) 由收入水平、医疗卫生水平、教育水平三方面构成, 具体指标是参照《人类发展报告》2010^[25] 最新的计算方法选取的, 主要包括人均 GNI、平均受教育年限、预期受教育年限和平均预期寿命 4 个维度指标 (为了使用计算结果更精确, 本文选取人均 GNI 代替通常使用的人均 GDP 作为收入指标); 人均生态足迹由人均耕地、林地、草场、水域、化石能源用地和建筑用地 6 个指标构成, 具体见表 1。

表 1 城市可持续发展评价指标体系

Tab.1 Assessment Index of Sustainable Urban Development

类别	一级指标	二级指标	三级指标
产出指标	人类发展指数(HDI)	收入指数	人均GNI(PPP, 美元)
		教育指数	平均受教育年限(a)
			预期受教育年限(a)
		健康指数	平均预期寿命(岁)
投入指标	生态资源消耗指数(EF*)	人均生态足迹	人均耕地(ghm ²)
			人均林地(ghm ²)
			人均草场(ghm ²)
			人均水域(ghm ²)
			人均化石能源用地(ghm ²)
			人均建筑用地(ghm ²)

注: 资料来源根据2010年人类发展报告最新指标算法综合整理而定。

2.2 研究方法和数据处理

2. 2. 1 研究方法

本研究运用 DEA 方法，从综合效率、纯技术效率、规模效率和规模收益等方面对上海市可持续发展进行纵向评价研究。这里直接把某一时间

或某一时段城市的可持续发展系统看作 DEA 中的一个决策单元，即把 1999-2012 年这 14 个年份作为 14 个决策单元(DMU)，它具有特定的输入和输出，同时也符合 DMU 选取原则即 DMU 数量一般要求大于或等于投入产出指标总数的 2 倍^[21]（魏权龄，2006）。本文使用评价 DMU 总体效率的 CCR 模型来评价城市的可持续发展的效率。

2. 2. 2 数据来源和处理

考虑到数据的完整性和可得性，本研究选取 2000-2013 年上海市统计年鉴、国际统计年鉴、中国统计年鉴、中国人类发展报告、联合国人类发展报告，世界银行数据库作为基础统计分析数据，不能获得的数据用内插法和外推法得到。

人类发展指数（HDI）通过相关的基础数据经由特定公式计算而得，首先以《2011 人类发展报告》^[28]中公布的阈值（表 2）为标准分别对上海市 1999-2012 年各年的预期寿命指数、教育指数和人均 GNI 指数进行无量纲化处理^[22]，各维度指数具体算法见如下公式：

$$X' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (4-2-2)$$

其中： X_i 代表各指标的实际值； $X_{\max}$ 是观察到的最大值； $X_{\min}$ 是最小值； X' 代表无量纲化后的指标值。

在 HDI 的具体计算中，本研究采用联合国开发计划署（UNDP）《2010 人类发展报告》中采用的新的 HDI 计算方法，即采用收入指数（II）、预期寿命指数（LEI）和教育指数（EI）的几何平均值来度量人类发展指数。

$$HDI = \sqrt[3]{II \times LEI \times EI} \quad (4-2-3)$$

其中，II、LEI、EI 分别代表收入指数、健康指数、教育指数。

各指数具体计算方法如下：

$$\textcircled{1} \quad \text{预知寿命指数} = \frac{\text{平均预期寿命实际值} - 20}{83.2 - 20}$$

$$\begin{cases} \text{平均受教育年限}(PE) = \frac{6 \times P_{\text{小学}} + 9 \times P_{\text{初中}} + 12 \times P_{\text{高中}} + 16 \times P_{\text{大专以上}}}{P_{\text{小学}} + P_{\text{初中}} + P_{\text{高中}} + P_{\text{大专以上}}} \\ \text{预期受教育年限}(YE) = \sum_{i=1}^4 W_i \times \text{各级学历教育毛入学率} \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \quad \begin{cases} \text{平均受教育指数}(PEI) = \frac{PE - 0}{13.1 - 0} \\ \text{预期受教育指数}(YEI) = \frac{YE - 0}{18 - 0} \end{cases} \Rightarrow \text{教育指数}(EI) = \frac{\sqrt{PEI \times YEI} - 0}{0.978 - 0}$$

其中：P代表各教育学历人口数， $W_{(1,2,3,4)}$ 代表权重， $W_1 = 6, W_2 = 3, W_3 = 3, W_4 = 4$

$$\text{人均GNI(PPP 美元)} = \text{人均GDP值} \times \frac{\text{中国GNI总值(PPP 美元)}}{\text{中国GDP总值}}$$

$$\textcircled{3} \quad \begin{array}{c} \downarrow \\ \text{收入指数}(II) = \frac{\ln(\text{人均GNI}) - \ln(100)}{\ln(107721) - \ln(100)} \end{array}$$

上式中人均 GNI 的计算公式参考杨家亮^[23]（2014）研究中的计算方式，中国 GNI 总值（PPP 美元）原始数据来自世界

银行数据库^[26]。

表 2 计算HDI的阈值(a, 美元)
Tab.2 Threshold for HDI Calculation

指标	最大值	最小值
预期寿命	83.2	20
平均受教育年限	13.1	0
预期受教育年限	18	0
教育指数	0.978	0
人均GNI(PPP美元)	107 721	100

注：资料来源于《2011 人类发展报告》。

人均生态足迹（ EF^* ）的相关的基础数据来源于姜绵峰等^[24]的研究成果。考虑到人类发展指数（HDI）是基于个人福利的量化，是一个 0-1 区间的无量纲值，因此，这里的人均生态足迹 EF^* 也相应转化为指数，人均生态足迹的阈值（最大值为 10.700，最小值为 0.400）借鉴诸大建、张帅^[14]所作研究的选取标准，具体处理如下：

$$EF^* = \frac{\ln(EF) - \ln(EF_{\min})}{\ln(EF_{\max}) - \ln(EF_{\min})}$$

2. 3 结果分析及效率评价

2. 3. 1 上海市人类发展、生态足迹评价

通过代入上述计算公式得出上海市 1999-2012 年的人类发展指数水平（HDI）和生态投入指数水平（ EF^* ）。HDI 越接近 1 说明城市发展水平越高，相反，生态投入指数越低，说明生态消耗较少，更有利于可持续发展，具体变化趋势如下列图表所示。

首先，通过图 1 可以看出，上海的人类发展指数（HDI）从按国际水平 0.8 以上为较高发展水平，上海（0.838）已达到较高的发展水平，同时生态足迹指数也比较高，目前的发展还是以“高投入，高产出”模式来实现经济增长。其次，由图 2 可以得出，上海市 1999-2012 年的人均生态足迹（ EF^* ）平均为 2.59 ghm^2 ，人均生态承载力为 0.11 ghm^2 ，人均生态赤字 2.48 ghm^2 。生态赤字不断扩大，最后，结合图 3 可以明显的看出，人均化石能源用地占上海市人均生态足迹的主要部分，这也说明上海市的经济增长依赖资源消耗比较严重，远远超出了其当前的生态承载力水平。

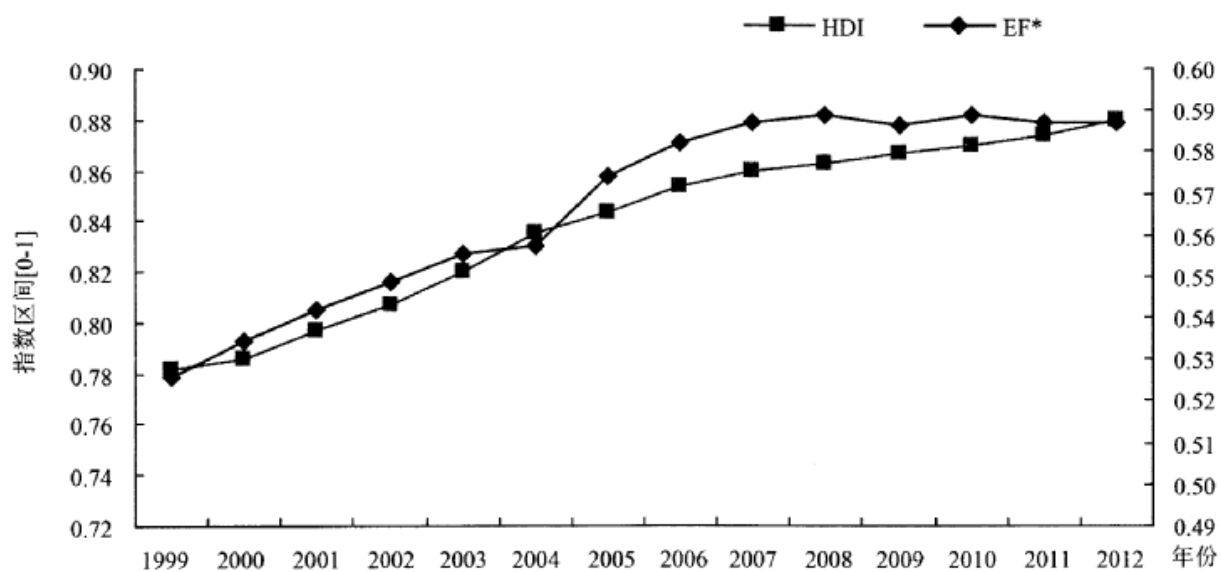


图1 上海市1999~2012年综合发展状况
Fig.1 Status of Urban Development of Shanghai from 1999 to 2012

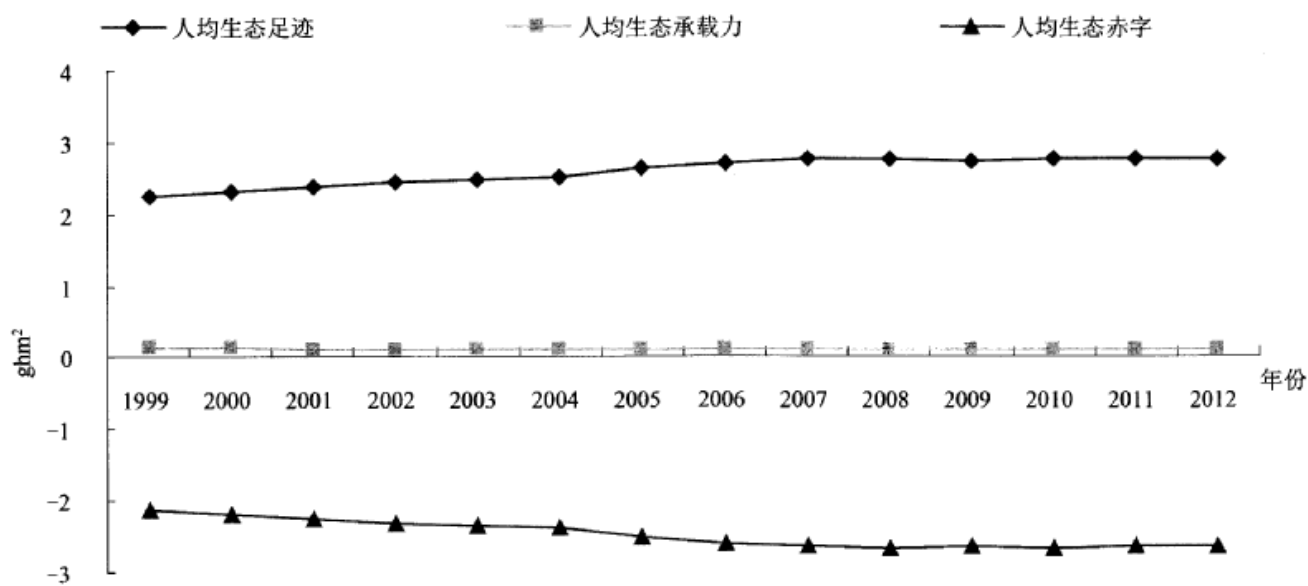
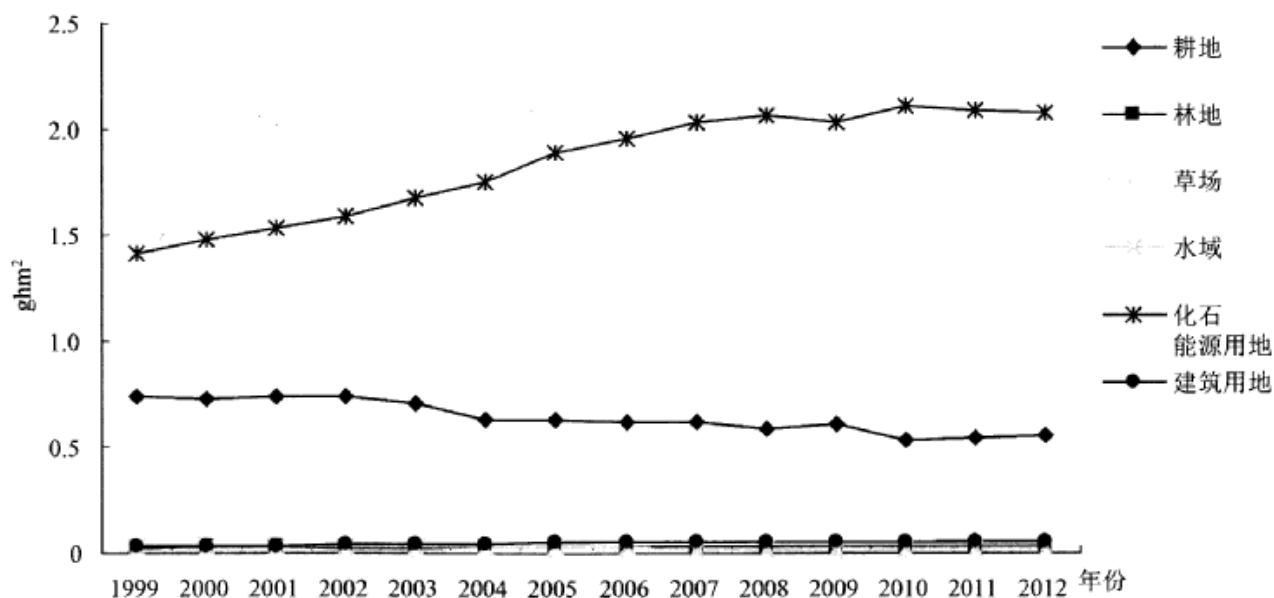


图2 上海市1999~2012年生态变化趋势
Fig.2 Trend of Ecological Footprint in Shanghai from 1999 to 2012



注：数据来源于2013年《上海市统计年鉴》整理。

图 3 上海市1999~2012年人均生态足迹变化总趋势

Fig.3 Overall Trend of Ecological Footprint per Capita in Shanghai from 1999 to 2012

根据世界自然基金会 (WWF) ^[27] 发布的《生态足迹报告 2012》显示，2008 年，中国的人均生态足迹为 2.1 ghm^2 ，低于全球平均的人均生态足迹 (2.7 ghm^2)，但也高于全球人均生物承载力水平 (1.8 ghm^2)。因此，上海的人均生态足迹已大大超过国内的平均水平，可以看出上海的发展从长远来看并不是可持续的，上海的经济的发展是建立在较高水平的生态消耗的基础上。

2. 3. 2 基于 DEA 效率视角的上海市可持续发展效率评价

本研究使用 DEAP 2.1 软件对上海市 1999-2012 年期间的数据进行处理，得到各决策单元 (年份) CCR 模型的评价结果，具体见下表 3。

表 3 1999–2012年上海市可持续发展效率评价结果

Tab.3 Results of the Urban Development Efficiency of Shanghai from 1999 to 2012

年份	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益变化
1999	0.991	1.000	0.991	irs
2000	0.980	0.987	0.994	irs
2001	0.981	0.985	0.996	irs
2002	0.979	0.982	0.998	irs
2003	0.985	0.985	1.000	--
2004	1.000	1.000	1.000	--
2005	0.980	0.980	0.999	drs
2006	0.978	0.978	0.999	drs
2007	0.976	0.978	0.998	drs
2008	0.977	0.981	0.996	drs
2009	0.985	0.985	0.999	drs
2010	0.985	0.989	0.996	drs
2011	0.991	0.993	0.998	drs
2012	0.999	1.000	0.999	drs

注：“irs”表示“规模递增”；“--”表示“规模不变”；“drs”表示“规模递减”。

由表 3 的评价结果可知，上海市自 1999 年到 2012 年这 14a 中，通过有效性分析，只有 2004 年这一年的发展处于效率前沿面上，属于 DEA 有效的，其余 13 个年份都是无效的。从 DEA 评价选择的经济性来看，当决策单元为 DEA 有效时，对该决策单元来说要保证其产出量不减，其投入量也是不能再减少的。当然 2004 年的 DEA 有效也是相对另外 13 个年份有效，如果选择同年份的其他城市比较也可能是无效的，这只是一个相对的评价效率。

从规模报酬来看，在所评价的 14 个年份中，其中 1999–2002 年这 4 个年份的处于规模收益递增阶段，2003–2004 年这两个年处于规模收益不变阶段，2005–2012 年这 8 个年份处于规模收益递减阶段。也就是说，生态资源投入的增加，并没有使真正的福利水平产出相应规模的增加，从而生态福利绩效也相应降低，没有实现福利增长和生态消耗脱钩。

3 结论与建议

本文从生态福利绩效的视角出发，通过建立以人均生态足迹（EF * ）和人类发展指数（HDI ）分别作为投入和产出的评价指标体系，运用 DEA 方法，对上海市 1999–2012 年的可持续发展效率进行评价，并对上海市近年来的人类发展指数和人均生态足迹进行动态分析得到以下结论并提出相关建议：

第一，从投入产出的角度看，生态福利的绩效不高，虽然上海的整体经济水平一直处于国内领先地位，是我国的第一大城市，同时也是重工业城市，一直以“高投入，高产出”的模式发展，经济快速增长的同时是以较高的生态资源消耗为代价，属

于“高增长，低福利”。可持续发展的原则是将生态投入控制在“生态门槛”内，实现福利水平的最大化。

第二，1999-2012 年期间，上海市人类发展指数、人均生态足迹与经济发展同步增长。按照联合国的 HDI 指数排名来看，大于 0.8 的都属于较高发展水平，因此上海也属于较高发展水平的行列，但其人均生态足迹水平也远远超出国内水平，处于严重“生态赤字”状态。生产制造业仍是上海市的主要产业，资源消耗投入较大，应加快转变产业结构，推进第三产业，逐步实现人类福利增长与生态资源消耗脱钩。

第三，从上海市近十多年来的 6 种生态生产性土地包括耕地、林地、草场、水域、化石能源用地和建筑用地的生态足迹变化趋势中可以看出，其中化石能源用地占生态足迹的主要部分。这也说明上海的化石能源消耗比较大，应加快推进节能减排措施，以公共交通为导向，构建低碳绿色城市。

参考文献:

[1] BRUNTLAND G H . Our Common Future: the World Commission on Environment and Development [M]. Oxford: Oxford University Press , 1987 .

[2] 诸大建, 张帅. 生态福利绩效与深化可持续发展的研究[J]. 同济大学学报(社会科学版), 2014, 25 (5) : 106-115 .

[3] OECD . Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews [M]. Paris : OECD , 1993 .

[4] DALY H E , COBB J B . For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment and A Sustainable Future[M] . Boston: Beacon Press, 1989: 401-55 .

[5] COBB , HALSTEAD , ROWE J . If the GDP is up, why is America down ? [Z] . The Atlantic Monthly, 1995 : 59-78 .

[6] United Nations Development Programme. Human Development Report 1990 [M] . New York : Oxford University Press , 1990 : 10 .

[7] SEN A K . Distribution , transitivity and little' s welfare criteria [J] . The Economic Journal, 1963, 73 (292) : 771-778 .

[8] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what Urban economics leaves out [J] . Environment and Urbanization , 1992 , 4 (2) : 121-130 .

[9] The Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force . 2002 Environmental sustainability index [R] . Davos , Switzerland : World Economic Forum Annual Meeting , 2002 .

[10] SUPACHET C . The evaluation of the sustainable human development : a cross-country analysis employing slack-Based DEA [J] . Procedia Environmental Sciences , 2014 (20) : 3-11 .

[11] MARKS N , ABDALLAH S , SIMMS A , et al . The Unhappy Planet Index : An Index of Human Well-being and Environmental Impact[M] . London : New Economics Foundation , 2006 .

-
- [12] ABRAMOVITZ M , SCITOVSKY T , INKELES A . Economic growth and its discontents [J] . Bulletin of the American Academy of Arts and sciences , 1973 , 27 (1) : 11-27 .
- [13] DODDS S . Towards a ‘science of sustainability’ : improving the way ecological economics understands human well-being[J]. Ecological Economics , 1997 , 23 (2) : 95-111.
- [14] 诸大建, 张帅. 生态福利绩效及其与经济增长的关系研究[J]. 中国人口 • 资源与环境, 2014 , 24 (9) : 59-62 .
- [15] DALY H E . The world dynamics of economic growth : the economics of the steady state [J] . American Economic Review , 1974 , 64 (2) : 15-21 .
- [16] 罗迈. 基于 DEA 的房地产业投入效率分析[J]. 管理世界, 2014 (9) : 178-179 .
- [17] COOK W D , SEIFORD L M . Data envelopment analysis (DEA) : thirty years on [J]. European Journal of Operational Research , 2009 , 192 (1) : 1-17 .
- [18] 熊焯, 买忆媛, 何晓斌, 等. 基于 DEA 方法的中国高科技创业企业运营效率研究 [J] . 管理科学, 2014, 27 (2) : 26-37.
- [19] CHARNES A , COOPER W W , RHODES E . Measuring the efficiency of decision making units [J] . European Journal of Operational Research , 1978 , 2 (6) : 429-444 .
- [20] 李东兵, 高鹤. 基于 DEA 模型的中国城市创意产业效率评价[J]. 大连海事大学学报(社会科学版), 2014, 13 (4) : 10-13.
- [21] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006 .
- [22] 王筱磊. 中国社会经济发展状况分析——基于人类发展指数(HDI) 的研究[D]. 长春: 吉林大学硕士学位论文, 2014 .
- [23] 杨家亮. 中国人文发展指数比较分析[J]. 调研世界, 2014 (1) : 10-13 .
- [24] 姜绵峰, 叶春明. 上海城市生态足迹动态研究——基于 ARIMA 模型[J]. 华东经济管理, 2015 , 29 (1) : 18-24 .
- [25] United Nations Development Programme (UNDP) . Human Development Report 2010 [R] . New York : UNDP , 2010 <http://hrd.undp.org/en/reports/global/hdr2010/>.
- [26] 世界银行(World Bank) 数据库中国官网[EB/OL]. [2015-01-12] <http://data.worldbank.org.cn/>.
- [27] 世界自然基金会(WWF) 中国官网[EB/OL]. [2015-01-21] <http://www.wwfchina.org/>.
- [28] 联合国开发计划署. 2011 年人类发展报告(可持续性平等: 共享美好未来) [R]. 纽约: 联合国开发计划署. 2011 .