



Munich Personal RePEc Archive

# **Dynamic Assessment of Urban Sustainable Development Based on Ecological Footprint Method and Human Development Index**

Ji, Junping

School of Environment and Energy, Shenzhen Graduate School of  
Peking University, College of Environmental Sciences and  
Engineering, Peking University

12 August 2009

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/59746/>

MPRA Paper No. 59746, posted 24 Nov 2014 03:30 UTC

# 基于生态足迹及 HDI 的城市地区可持续发展动态评价

计军平<sup>1,2</sup>

(1. 北京大学深圳研究生院环境与能源学院,深圳 518055;

2. 北京大学环境科学与工程学院,北京 100871)

**摘要:** 定量评价可持续发展的状态及变化对于推进城市地区的可持续发展至关重要。将生态足迹与人类发展指数 (HDI) 相结合能量化社会发展的水平及其可持续程度,避免评价结果的生态化偏向。对深圳市龙岗区 1993-2005 年的可持续发展状态进行了实证研究,探讨了生态足迹当量 (人均生态足迹与全球人均生态承载力之比)、万元 GDP 生态足迹同 HDI 的动态变化关系,并对生态足迹各组分与 HDI 的相关关系进行了分析。结果显示该区在研究时段内符合可持续发展的基本条件,但总体上存在偏离可持续发展象限的趋势;万元 GDP 生态足迹 12 年间下降了 61%,降至 0.579 hm<sup>2</sup>/万元,资源利用效率不断提高;人均生态足迹、总生态足迹均与 HDI 显著相关,相关系数为 0.928 和 0.947,化石燃料的消耗同龙岗区发展的关系最为密切。提高资源利用效率、调整产业结构及适量控制人口规模是当地维持可持续发展的必要措施。最后对生态足迹与 HDI 联合使用的优缺点进行了探讨,指出了进一步完善的方向。

**关键词:** 生态足迹; 人类发展指数 (HDI); 可持续发展; 深圳市龙岗区

## 1 引言

随着全球城市化的推进,到 2050 年城市地区将容纳全世界约 70% 的人口<sup>[1]</sup>,它们左右着全球可持续发展的未来。1987 年世界环境与发展委员会发布《我们共同的未来》<sup>[2]</sup>后,可持续发展逐渐成为众多城市的发展目标。生态足迹由于其简洁、直观和可比性等特点,已被广泛运用于城市地区的可持续发展评价<sup>[3-7]</sup>。但生态足迹仅反映人类活动对环境的压力,并不能体现社会经济的发展程度。

有鉴于此,世界自然基金会 (WWF) 选用人类发展指数 (HDI) 和生态足迹分别衡量各地的社会经济发展及其对生态环境的压力,以此综合评价全球的可持续发展<sup>[8]</sup>,陈成忠等<sup>[9]</sup>在此基础上也开展了相似研究。Moran 等<sup>[10]</sup>发展了该方法,并横向比较了 93 个国家的可持续发展状态,Boutaud<sup>[11]</sup>则将其应用于地区层面。王矿等<sup>[12]</sup>应用该方法评价了广东省的可持续发展程度。不过,现有文

献均基于某一时间点进行地区间的横向比较,并没有针对某一地区的时序数据进行纵向深入研究,而后者对于理解当地社会经济发展与生态环境的动态关联效应有着重要的现实意义。

本研究选取 1993-2005 年深圳市龙岗区快速发展时期为研究时段,对该区社会经济发展及其对生态环境压力在时序维度上的关系进行了实证分析,旨在科学合理地认识城市发展与生态环境之间的动态关系,为城市的可持续发展建设提供决策依据。龙岗区位于深圳市东部,面积 844.07 km<sup>2</sup>,占深圳市总面积的 43.2%,2005 年底常住人口 183.92×10<sup>4</sup> 人,其中非户籍人口占 82.5%。人均 GDP 由 1993 年的 7 991 元增至 2005 年的 51 524 元。

## 2 方法与数据

### 2.1 人类发展指数

联合国开发计划署 (UNDP) 推出的 HDI 是衡量区域发展程度的复合指标,自上世纪 90 年代以来已被世界各地广泛使用<sup>[13]</sup>。HDI 由三个指数组成:(1) 预期寿命指数,以出生时预期寿命衡量;(2) 教育指数,包括成人识字率和综合入学率;(3) GDP 指数,由人均 GDP 为尺度。计算方法参考 UNDP 的技术报告<sup>[14]</sup>。

### 2.2 生态足迹法

生态足迹法由 Rees、Wackernagel 提出和发展<sup>[15, 16]</sup>。在当前消费水平及资源利用率条件下,支持某一人群生存所需的耕地、林地、牧草地、水域、建筑用地和化石燃料用地的面积就是生态足迹的需求量。而生态承载力描述的是生态环境提供给人类各种生物资源及服务的能力。生态足迹与生态承载力均以“全球公顷”度量<sup>[17]</sup>,一单位全球公顷表示一公顷拥有世界平均产量的土地。

本研究在 Du 等<sup>[4]</sup> 建立的中国城市生态足迹模型的基础上,结合案例区的实际情况建立了包含 60 多种消费项的计算模型,包括食物、住房、交通、商品、服务及废物等六大类账户。人均生态足迹和生态承载力通过下式各式计算:

$$A_i = \frac{C_i}{Y_i} = \frac{P_i + I_i - E_i}{Y_i \times N} \quad (1)$$

$$ef = \sum r_j A_i \quad (2)$$

$$ec = a_j \times r_j \times y_j \quad (3)$$

其中,  $i$  为消费项的编号 ( $i=1,2,\dots$ );  $j$  为生物生产性土地的编号 ( $j=1,2,\dots,6$ );  $A_i$  为  $i$  项折算的人均占有的生物生产性土地面积 ( $\text{hm}^2/\text{人}$ );  $C_i$  为  $i$  项的人均消费量 ( $\text{kg}/\text{人}$ );  $Y_i$  为  $i$  项的世界平均产量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ );  $P_i$  为  $i$  项的当地年产量 ( $\text{kg}$ );  $I_i$  为  $i$  项的年进口量 ( $\text{kg}$ );  $E_i$  为  $i$  项的年出口量 ( $\text{kg}$ );  $N$  为人口数 (人)。  $ef$  为人均生态足迹 ( $\text{hm}^2/\text{人}$ );  $r_j$  为均衡因子。  $ec$  为人均生态承载力 ( $\text{hm}^2/\text{人}$ );  $a_j$  为当地人均拥有的生物生产性土地面积 ( $\text{hm}^2/\text{人}$ );  $y_j$  为产量因子。

### 2.3 地区可持续发展程度的评价标准

世界环境与发展委员会认为,可持续发展是“即满足当代人的需求,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展”<sup>[2]</sup>。这可以通过 HDI 和生态足迹相结合来评价:(1)以 HDI 衡量当地现有的社会发展水平。UNDP 认为<sup>[14]</sup> HDI 值大于 0.800 为高发展水平,小于 0.500 为低发展水平。(2)以当地人均生态足迹与全球人均生态承载力的比值(生态足迹当量,以  $EF_{eq}$  表示)衡量当地发展所消耗的资源是否在人均水平上超过了地球的再生能力。当  $EF_{eq}>1$  时,表明当地的发展不是生态可持续的,如果这种情况持续下去地球生产可再生资源的能力将受到损害。

因此,衡量一个地区可持续发展的基本条件是:  $HDI \geq 0.800$  且  $EF_{eq} \leq 1$ ,即当地社会处于高发展水平,同时其发展是生态可持续的。

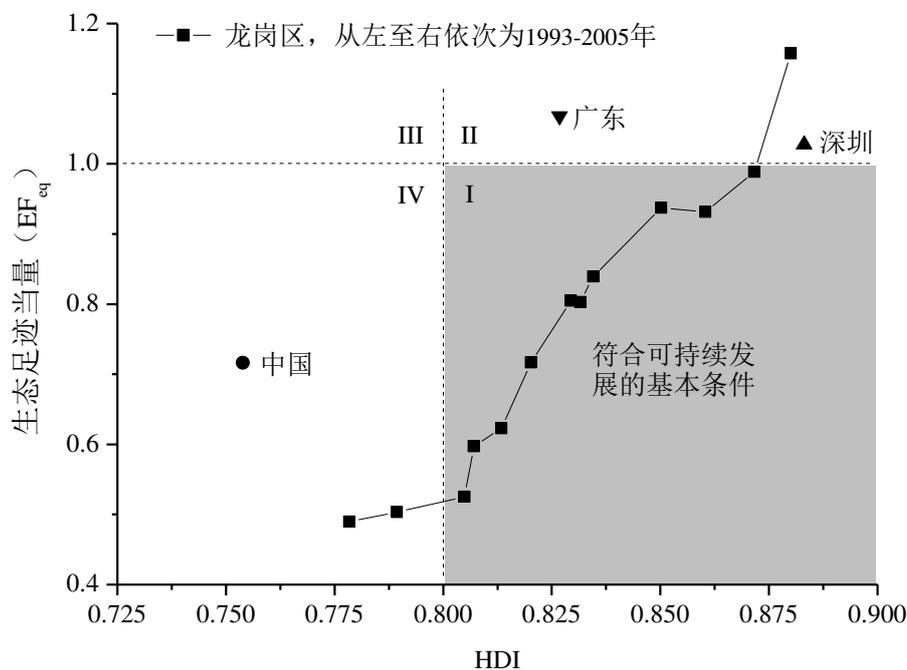
### 2.4 数据与参数选择

1993-2005 年农作物、家畜、木材及水产品的全球产量数据取自联合国粮农组织 (FAO) 的统计数据库。在计算煤、燃料油、柴油、电力等能源项目的生态足迹时,采用 Wackernagel 所确定的全球平均土地产出率<sup>[7]</sup>。均衡因子采用 Global Footprint Network 的研究数据<sup>[17]</sup>。产量因子基于杨莉等的研究<sup>[18]</sup>,结合龙岗区每年各类土地的产量与全球平均产量的比值加以调整。生态生产性土地面积通过 1990、1995、2000 及 2005 年的遥感影像解译结果进行估算,计算人均生态承载力时扣除了 12% 的生物多样性保护面积。历年全球生态承载力总量来自 WWF 的报告<sup>[19]</sup>,世界人口总量采用美国统计局数据<sup>[20]</sup>。各类消费账户及 HDI 各指标的数据取自 1993-2005 年《深圳市龙岗区统计年鉴》、《深圳市统计年鉴》及《广东省统计年鉴》。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 生态足迹当量与 HDI 变化关系分析

从图 1 可以看出龙岗区的发展先后经历了三个阶段：发展程度不高，生态盈余阶段（象限 IV）；发展水平高，生态盈余阶段（象限 I）；发展水平高，生态超载阶段（象限 II）。HDI 值从 1993 年的 0.778 增至 2005 年 0.880，1995 年开始高于 0.800，即步入高发展水平阶段。与此同时， $EF_{eq}$  由 0.490 增至 1.157，即 2005 年龙岗区人均生态足迹开始大于全球人均生态承载力。可见，该区在 1995-2004 年符合可持续发展的基本条件，但总体上存在偏离可持续发展象限的趋势。



象限 I 表示发展程度高，生态盈余；象限 II 表示发展程度高，生态超载；象限 III 表示发展程度不高，生态超载；象限 IV 表示发展程度不高，生态盈余。

图 1 1993-2005 年深圳市龙岗区人类发展指数及生态足迹当量动态变化

Fig.1 Changes of  $EF_{eq}$  against HDI in Longgang, Shenzhen from 1993 to 2005

龙岗区生态足迹当量的增速大于 HDI 的增速。Boutaud 等对全球 131 个国家 2001 年的数据分析后发现，两者的拟合曲线呈指数增长趋势<sup>[11]</sup>。龙岗区的时序数据也显示这出一关系（表 1）。如果这一发展趋势继续下去，龙岗区不但会对当地，也会对周边地区产生更大的环境压力<sup>[21]</sup>。但是，增加社会的发展与保持生态系统的可持续性之间并不矛盾。更多地采用可再生能源以减少化石能源的使用，提升城市基础设施的运行效率，以及控制人口增长（鼓励计划生育，拥有小

规模的家庭)等三方面已被证明能有效地促进当地社会的可持续发展<sup>[22]</sup>。与2004年深圳市<sup>[23]</sup>、广东省<sup>[12]</sup>和全国<sup>[24]</sup>的情况相比,龙岗区的发展更接近可持续发展象限 I。

表 1 生态足迹当量与人类发展指数拟合曲线方程

Table 1 The best-fitted curve of exponential regression between EF and HDI

类别	拟合方程	决定系数
横截面关系: 2001 年全球 131 个国家 <sup>[11]</sup>	$EF_{eq} = e^{-2.917+4.686 \cdot HDI}$	$R^2 = 0.704 0$
时间序列关系: 1993-2005 年深圳市龙岗区	$EF_{eq} = e^{-7.259+8.397 \cdot HDI}$	$R^2 = 0.941 3$

### 3.2 万元 GDP 生态足迹与 HDI 变化关系分析

图 2 显示龙岗区万元 GDP 生态足迹随着发展水平的提高显著下降(按 1993 年可比价计算), 两者的 Pearson 相关系数为-0.843 (在 0.01 水平上显著)。万元 GDP 生态足迹从 1.485  $hm^2/万元$  降至 0.579  $hm^2/万元$ , 12 年间下降了 61%。这说明龙岗区的资源利用方式正逐步由粗放型、消耗型转为集约型、节约型。

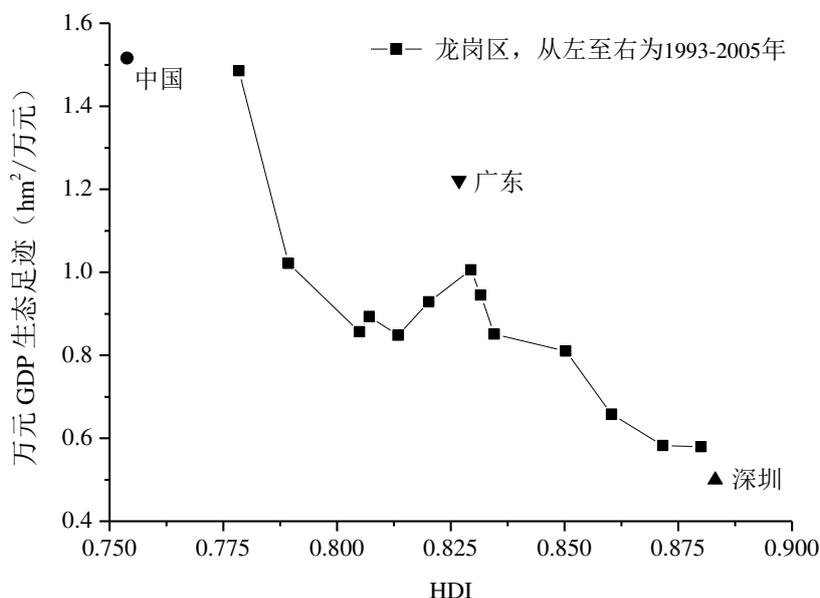


图 2 1993-2005 年深圳市龙岗区人类发展指数及万元 GDP 生态足迹动态变化  
Fig.2 Changes of EF intensity against HDI in Longgang, Shenzhen from 1993 to 2005

1998-2000 年的万元 GDP 生态足迹并未随着 HDI 的升高而降低, 这是由于:  
(1) 经济增长放缓。期间年人均 GDP 增长率仅为 3.6%, 远低于 1993-2005 年的 14.7%。(2) 资源消耗量增加迅速。期间龙岗区引进了高资源消耗的化工企业、纸制品企业, 使年人均生态足迹增长量由 0.101  $hm^2/人$  增加到 0.114  $hm^2/人$ 。这

一现象说明，社会发展程度的提高并不必然带来资源利用效率的提高，后者取决于当地政府在优化产业结构、节能减排上的持续大力投入。

2004 年龙岗区的万元 GDP 生态足迹为 0.582 hm<sup>2</sup>/万元，要低于同时期广东的 1.221 hm<sup>2</sup>/万元<sup>[12]</sup> 和全国的 1.516 hm<sup>2</sup>/万元<sup>[24]</sup>，略高于深圳的 0.499 hm<sup>2</sup>/万元<sup>[23]</sup>，龙岗区的资源利用效率走在全国和广东的前列。

### 3.3 生态足迹与 HDI 的相关分析

1993-2005 年龙岗区人均生态足迹、总生态足迹与 HDI 显著相关，Pearson 相关系数分别为 0.928 和 0.947（表 2）。与 HDI 密切相关的生态生产性土地为：化石燃料用地、建筑用地、草地和林地。耕地、水域生态足迹的人均需求量在研究时段内基本未变（图 3），因此与 HDI 的相关系数接近 0。各土地类型总生态足迹与 HDI 的相关系数均高于人均生态足迹与 HDI 的相关系数，表明随着社会发展水平的提高，龙岗区的人均资源消耗量同人口总数同时快速增加。

表 2 深圳市龙岗区生态足迹与人类发展指数各组分的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between EF and HDI sub-indicators in Longgang, Shenzhen

生态足迹	龙岗区 HDI	
	I	II
耕地	0.154	0.850**
草地	0.896**	0.909**
水域	-0.067	0.878**
林地	0.773**	0.898**
化石燃料用地	0.919**	0.936**
建筑用地	0.688**	0.921**
合计	0.928**	0.947**

I: 人均生态足迹与 HDI 组分的相关系数；II 总生态足迹与 HDI 组分的相关系数。\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

由表 2、图 3 可知，在各种资源中化石燃料用地同龙岗区发展的关系最为密切。1993-2005 年人均生态足迹增长了一倍，而化石燃料用地的增量占总增量的 75% 以上，其中又以工业的贡献最大。1993 年工业占该区化石燃料总需求的 65%，2005 年这一比例达到 80%，从而使化石燃料用地占人均生态足迹的比例由 40% 上升至 60%。这是由于龙岗区自 1993 年成立后，以深圳特区为依托，加工制造业、运输业增长迅速，推动了该区对化石能源的消费。

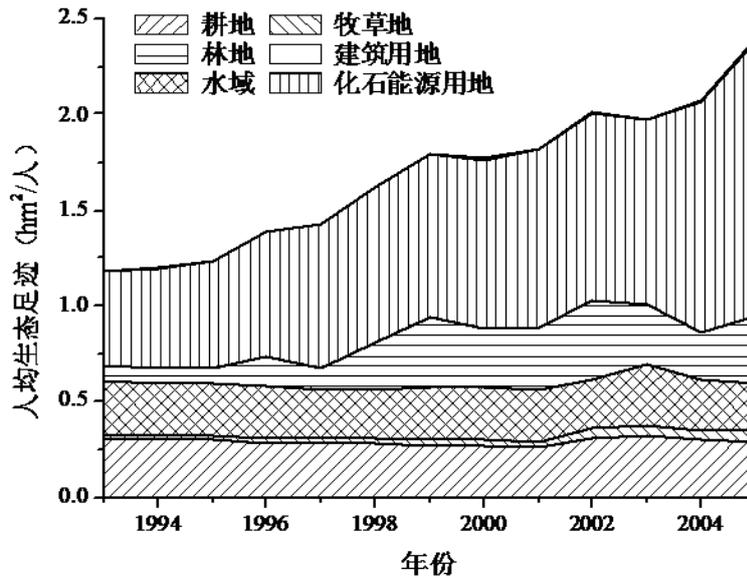


图 3 1993-2005 年深圳市龙岗区人均生态足迹构成的动态变化

Fig.3 Dynamics of per capita ecological footprint in Longgang, Shenzhen from 1993 to 2005

### 3.4 分析结果对当地推进可持续发展的启示

(1) 提高资源利用效率。虽然龙岗区的万元 GDP 生态足迹在研究时段内从 1.485 hm<sup>2</sup>/万元降至 0.579 hm<sup>2</sup>/万元，但与其他发达地区的 0.255 hm<sup>2</sup>/万元<sup>[23]</sup> 仍存在差距。区内还有大量高能耗、高水耗、高污染的企业，工业用水重复率不足 20%。龙岗区应通过引进节能技术、加强资源循环利用及推行清洁生产等措施进一步提高资源利用效率。

(2) 增加第三产业比重。推动龙岗区人均生态足迹快速增长的主要因素是工业企业对化石燃料需求的显著增加。第三产业万元增加值对化石燃料的消耗约为第二产业的四分之一<sup>[25]</sup>，因此第三产业比例的提高，有利于减缓人均生态足迹的增长速率。龙岗区 2005 年第三产业的比重为 32.6%，而发达国家和地区的比重一般在 70%以上，可见龙岗区还有进一步提升的空间。

(3) 控制人口的快速增长。当地常住人口从 84 万增至 183.9 万，人口规模的持续快速扩大加重了龙岗区对生态系统的负担。通过优化经济结构、降低劳动密集型产业的比重等措施逐步优化人口结构，引导人口数量的合理增长，从而控制生态足迹总量的增速，减缓对生态环境的压力。

(4) 探索建设“低碳”型城市。龙岗区的经济属于化石能源驱动型经济，

在全球气候变化的背景下，这种传统的“高碳”发展模式已被认为是不可持续的。我国于 2008 年成为全球碳排放最多的国家<sup>[26]</sup>，在国际上面临越来越大的碳减排压力，位于改革开放前沿的龙岗区应开始探索建立“低碳”型城市，为未来的可持续发展奠定基础。

## 4 结论与展望

定量评价可持续发展的状态对于推进城市地区的可持续发展至关重要。将生态足迹与 HDI 相结合，能较好地反映社会经济发展的可持续程度，向公众和政策制定者直观地展示当地在可持续发展建设进程中取得的进步及存在的问题，对当地持续健康地发展具有指导意义。深圳市龙岗区的实证分析表明：（1）该区在 1995-2004 年符合可持续发展的基本条件，但总体上存在偏离可持续发展象限的趋势（即  $EF_{eq}$  逐渐接近并超过 1）；（2）万元 GDP 生态足迹大幅下降，资源利用方式逐步向集约型、节约型转变；（3）生态足迹与 HDI 显著正相关，化石燃料的消耗同龙岗区发展的关系最为密切，表明其经济属于典型的能源驱动型经济。提高资源利用效率、调整产业结构及适量控制人口规模是龙岗区维持可持续发展的必要措施。

不过，现有的评价方法在理论与方法上仍存在不足，需要在今后的应用过程中对以下问题进行修正和完善：

（1）城市生态足迹计算结果偏大。目前运用该方法的研究案例中，几乎所有  $HDI > 0.8$  的发达地区均处在生态不可持续状态，即位于象限 II。其原因在于，在全球化的背景下区域分工日益专业化，城市地区主要进行原材料的加工、提供服务，是资源的主要消费地，而城市以外的地区是资源的主要产出地。但现有的生态足迹核算方法并没有考虑这一现象，从而高估了城市的生态足迹。如何处理城市及其生态资源供给区之间的物质能量关系将是下一步研究的重要内容。

（2）难以完整反映城市系统的可持续性。可持续发展涉及到人类福利的发展及其对生态环境的压力，而目前的方法不能完整描述所有的压力。如忽略了人类活动引起的生态系统功能退化，没考虑污染物对环境的损害作用，没有计算地下水及水资源的利用，缺乏对发展公平性的度量等。针对城市的特点，合理选择其它的环境、经济、社会指标完善现有的评价体系是研究的另一个方向。

（3）可持续发展评价标准的相对性。现有的评价方法以全球人均生态承载

力为基准度量当地发展的生态可持续性,但全球人均生态承载力又受全球土地生产力及总人口的影响,因此生态足迹当量  $EF_{eq}$  更多的是一个相对指标。如假定当地的 HDI 及人均生态足迹不变,全球人均生态承载力的减小会使当地的  $EF_{eq}$  增大即可持续程度下降,但事实上当地的福利水平、人均资源消耗量及资源利用效率并未改变。今后的研究应从评价标准的绝对性方面做进一步探讨。

## 参考文献

- [1] UNDESA. World Urbanization Prospects The 2007 Revision[R]. New York: Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2008.
- [2] WCED. Our common future[M]. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- [3] 赵卫, 刘景双, 孔凡娥, 等. 城市化对区域生态足迹供需的影响[J]. 应用生态学报. 2008, 19(1): 120-126. [ZHAO Wei, LIU Jingshuang, KONG Fan'e, et al. Effects of urbanization on supply and demand of regional ecological footprint[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 2008, 19(1): 120-126.]
- [4] Du B, Zhang K, Song G, et al. Methodology for an urban ecological footprint to evaluate sustainable development in China[J]. *International Journal Of Sustainable Development and World Ecology*. 2006, 13: 245-254.
- [5] 蒋依依, 王仰麟, 李卫锋, 等. 城市生态可持续发展量度方法探讨——以深圳市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版). 2005, 41(4): 612-621. [JIANG Yiyi, WANG Yanglin, LI Weifeng, et al. Measuring urban ecological sustainability: a case study in Shenzhen City[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinesis*. 2005, 41(4): 612-621.]
- [6] 苏筠, 成升魁, 谢高地. 大城市居民生活消费的生态占用初探——对北京、上海的案例研究[J]. 资源科学. 2001, 23(6): 25-29. [SU Yun, CHENG Shengkui, XIE Gaodi. Ecological footprint of living consumption per capita in metropolis: a case study of Beijing and Shanghai[J]. *Resources Science*. 2001, 23(6): 25-29.]
- [7] Wackernagel M. The ecological footprint of Santiago de Chile[J]. *Local Environment*. 1998, 3(1): 7-25.
- [8] WWF. Living Planet Report: 2000[R]. Gland, Switzerland: World Wide Fund For Nature, 2000.
- [9] 陈成忠, 林振山, 贾敦新. 基于生态足迹指数的全球生态可持续性时空分析[J]. 地理与地理信息科学. 2007, 23(6): 68-72. [CHEN Chengzhong, LIN Zhenshan, JIA Dunxin. Spatiotemporal analysis on sustainable ecosystem in world based on ecological footprint index[J]. *Geography and Geo-Information Science*. 2007, 23(6): 68-72.]
- [10] Moran D D, Wackernagel M, Kitzes J A, et al. Measuring sustainable development — Nation by nation[J]. *Ecological Economics*. 2008, 64: 470-474.
- [11] Boutaud A, Gondran N, Brodhag C. (Local) environmental quality versus (global) ecological carrying capacity: what might alternative aggregated indicators bring to the debates about environmental Kuznets curves and sustainable development?[J]. *International Journal of Sustainable Development*. 2006, 9(3): 297-310.
- [12] 王矿, 庄佳. 广东省生态可持续发展分析[J]. 中国农村水利水电. 2008(9): 10-13. [WANG Kuang, ZHUANG Jia. Analysis of sustainability of ecology development in Guangdong[J]. *China Rural Water and Hydropower*. 2008(9): 10-13.]

- [13] Sagar A D, Najam A. The human development index: a critical review[J]. *Ecological Economics*. 1998, 25(3): 249-264.
- [14] UNDP. Human Development Report 2007/2008[R]. New York: United Nations Development Programme, 2008.
- [15] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [16] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. *Environment and Urbanization*. 1992, 4(2): 121-130.
- [17] Kitzes J, Peller A, Goldfinger S, et al. Current methods for calculating national ecological footprint accounts[J]. *Science for Environment and Sustainable Society*. 2007, 4(1): 1-9.
- [18] 杨莉, 温勇, 戴明忠, 等. 深圳市龙岗区居民生活消费的环境压力研究[J]. *生态经济*. 2007(6): 140-143. [YANG Li, WEN Yong, DAI Mingzhong, et al. Research on environmental stress of residents' living consumption in Longgang District of Shenzhen City[J]. *Ecological Economy*. 2007(6): 140-143.]
- [19] WWF. Living Planet Report: 2008[R]. Gland, Switzerland: World Wide Fund For Nature, 2008.
- [20] US Census Bureau. International Data Base (IDB): Total Midyear Population for the World 1950-2050[EB/OL]. <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpop.php>, 2009-07-23.
- [21] Myers N, Kent J. New consumers: The influence of affluence on the environment[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2003, 100(8): 4963-4968.
- [22] Myers N, Kent J. Perverse Subsidies: How Tax Dollars Can Undercut the Environment and the Economy[M]. Winnipeg, Manitoba, Canada: Island Press, 2001.
- [23] 李广军, 王青, 顾晓薇, 等. 生态足迹在中国城市发展中的应用[J]. *东北大学学报(自然科学版)*. 2007, 28(10): 1485-1488. [LI Guangjun, WANG Qing, GU Xiaowei, et al. Application of ecological footprint in Chinese cities' development[J]. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*. 2007, 28(10): 1485-1488.]
- [24] 张衍广, 原艳梅. 基于经验模态分解的中国生态足迹与生态承载力动力学预测[J]. *资源科学*. 2008, 30(8): 94-99. [ZHANG Yanguang, YUAN Yanmei. Dynamic prediction model based on EMD: a case study of ecological footprint and ecological capacity in China[J]. *Resources Science*. 2008, 30(8): 94-99.]
- [25] 彭志龙, 吴优, 武央, 等. 能源消费与GDP增长关系研究[J]. *统计研究*. 2007, 24(7): 6-10. [PENG Zhilong, WU You, WU Yang, et al. Research on the relationship between energy consumption and GDP growth[J]. *Statistical Research*. 2007, 24(7): 6-10.]
- [26] 顾朝林, 谭纵波, 韩春强, 等. 气候变化与低碳城市规划[M]. 南京: 东南大学出版社, 2009: 8. [GU Chaolin, TAN Zongbo, HAN Chunqiang, et al. Climate Change and Low-carbon City Planning[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2009: 8.]

# Dynamic Assessment of Urban Sustainable Development Based on Ecological Footprint Method and Human Development Index

JI Junping<sup>1,2</sup>

(1. *School of Environment and Energy, Shenzhen Graduate School of Peking University, Shenzhen 518055, China;*

2. *College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing 100871, China*)

**Abstract:** The future of global sustainability is in world's urban areas, where will live about 70% of human population by 2050. Measurements of sustainable development should reflect two aspects: changes in quality of life, and if these changes are within the ecological limits. Many researches have used UN Human Development Index (HDI) as an indicator of development and the Ecological Footprint (EF) as an indicator of human demand on the biosphere. However, they only evaluated the data from different areas in a single year, instead of assessing the sustainability changes of a specific area over a long period of time. The latter is more important for a city to determine if it is making progress toward sustainable development. This paper presents a time-series based methodology to improve the existing EF-HDI analysis. Case study of Longgang District (in Shenzhen City, Guangdong Province, China) for 1993-2005 illustrates the adjusted urban EF-HDI approach. Three relationships are discussed: footprint to biocapacity ratio (the ratio of local per capita ecological footprint to globally per capita biocapacity) versus HDI, footprint intensity (ecological footprint needed to generate ten thousand Yuan GDP) versus HDI, and relationship between components of per capita/total footprint and HDI. The results show that: (1) Longgang met the two minimum criteria ( $HDI \geq 0.8$ , footprint to biocapacity ratio  $\leq 1.0$ ) for sustainable development in 1995-2004, but the footprint to biocapacity ratio has a trend that exceeds 1.0, meaning that more and more consumption of natural capital is needed to support the growth. (2) Footprint intensity had decreased 61% from 1.485 gha to 0.579 gha, which shows the resource use efficiency in Longgang was greatly improved as the development reached higher levels. (3) Statistically significant correlations between per capita/total EF and HDI is observed, whose correlation coefficient is 0.928 and 0.947 accordingly. Compared to other land types, fossil energy land footprint, which accounts for the 75% of the per capita EF increase from 1993 to 2005, has the highest coefficient. It means that the development of Longgang was mostly driven by fossil fuels, while this kind of development is considered not sustainable. The suggestions for Longgang to achieve sustainable development are improving the efficiency of resource use, adjusting industrial structure, and controlling population growth. The time series based EF-HDI paints a clear picture that if a city is toward or against sustainable development, and provides policy proposals for decision-making. Nevertheless, the method still has limitations and weakness. It doesn't capture all the impacts human development has on ecosystem, such as land degradation, environment pollution, equitable use of resources, et al. For this reason, more efforts for improving the methodology are needed.

**Keywords:** Ecological footprint; Human development index (HDI); Sustainable development; Longgang District of Shenzhen City