

城市尺度生态足迹模型应用中不同参数选择的影响分析

白钰¹, 詹望²

(1. 天津市国土资源和房屋管理研究中心, 天津 300042; 2. 天津市海怡物业管理有限公司, 天津 300202)

摘要:针对生态足迹模型在城市尺度上应用中的均衡因子、产量因子和平均产量 3 个参数的不同取值方式, 分别对不同参数应用模式下城市生态足迹核算的内涵和结果进行影响分析。基于对参数的应用条件和效果的解析, 指出传统生态足迹模型的应用中存在误差模糊化处理和全球可比性差的问题, “国家公顷”生态足迹模型进行消费来源分解更贴切的体现区域特征。基于参数的尺度效应分析, 指出生态足迹模型存在空间可比性和体现区域特征的悖论。通过对参数内涵和模型缺陷分析, 探讨均衡因子和产量因子核算中的问题, 空间可比性来源于平均产量的引入, 并指出模型应用中的贸易调整过程存在缺陷, 进而为生态足迹理论及方法论的进一步完善提供依据。

关键词:生态足迹; 城市尺度; 均衡因子; 产量因子; 平均产量

中图分类号: F062. 2; X24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)06-0151-06

Analysis on the Effect of Valuation of Various Parameters on Application of Ecological Footprint Model on the Urban Scale

BAI Yu¹, ZHAN Wang²

(1. Tianjin Research Centre for Land Resources & Housing Management,

Tianjin 300042, China; 2. Tianjin Haiyi Property Management Corporation Limited, Tianjin 300202, China)

Abstract: There were different valuations of equivalence factor, yield factor, average yield when ecological footprint (EF) model was applied on the scale of urban. This paper analyzed the effect of various parameters on the connotation of EF model and the result of operation. Based on the analysis of application conditions and effectiveness, there were fuzziness processing of error and weakening of worldwide correlation. Consumptive source should be decomposed to reflect regional characters in ‘national hectares’ EF model. Analysis on scale effect concluded that there was a paradox between spatial correlation and regional character. By analyzing connotation of parameters and defects of model, the problems of equivalence factor and yield factor were discussed on calculation method, and it was pointed that average yield provided worldwide correlation to EF model. Without considering demonic trade and artifactitious products trade, there was a defect in trade-correction of urban scale ecological footprint model. The results of this study would provide some suggestion on perfecting the EF theory and methodology.

Key words: ecological footprint; urban scale; equivalence factor; yield factor; average yield

生态足迹用生态生产面积表达特定的经济系统和人口对自然资源的消费量, 并与该地区实际的生态供给能力相比较, 衡量地区的可持续发展程度^[1]。生态足迹模型具有表达直观、方法综合、操作性强等优点, 因此这一方法在生态承载力研究领域得到迅速传播和广泛应用^[2-4]。近年来, 国内外学者在以往全球尺度、国家尺度的研究基础上, 在城市尺度上进行了大量的生态足迹模型应用实证研究和理论探讨^[5-8]。

生态足迹方法的特别之处是将地球表面的生态生产性土地分为 6 大类: 耕地、草地、森林、化石能源用地、建筑用地和水域, 再将人类对自然资本的消耗通过区域土地产量的换算经生态系统生产力均衡后分摊到不同的生态生产性土地类型, 将资源消耗转化为土地面积的占用与生态承载力进行比较从而评价生态压力^[9]。该过程通过模型中的一系列参数实现, 主要包括均衡因子、产量因子和平均产量。目前针对

生态足迹模型参数的研究主要集中于参数计算方法的优化和不同尺度上的应用^[10-12],而对参数的尺度内涵和应用效果缺乏系统性的研究。为此,本文通过城市尺度生态足迹应用中不同参数选择方案对计算结果的影响分析,对参数的尺度效应、应用条件和价值等方面进行梳理和探讨,并对参数的优化调整途径和意义展开讨论。

1 生态足迹模型主要参数简介

1.1 均衡因子

由于各类生态生产性土地的生态生产力不同,要将这些具有不同生态生产力的生物生产面积转化为具有相同生态生产力的面积,以加和计算总生态足迹,因此需要对计算得到的各类生物生产面积乘以均衡因子。均衡因子是在比较不同类型生态系统单位空间面积的生物生产量的基础上得到的,是对各生态系统的生产潜力标准化处理的结果,以各生态系统生物生产力与区域生态系统平均生产力的比值表示^[13]。

关于全球均衡因子的研究中,应用最为广泛的是 Wackernagel 等利用联合国粮农组织全球农业生态区(GAEZ)及国际应用系统分析研究所(IIASA)估算的土地最大潜在农作物产量的相关数据计算的各类用地均衡因子^[11]。

国内有关均衡因子的研究中,有学者在“国家公顷”生态足迹模型中使用生物产品的热值来代表土地生产力进而计算得到国家尺度的均衡因子^[10]。在此基础上,相继出现了“省公顷”、“市公顷”模型^[14-15],但其计算原理与“国家公顷”一致。此外,也有学者尝试基于植被的净初级生产力来估算国家尺度和亚国家尺度的均衡因子^[11-12]。

1.2 产量因子

在不同的国家和地区,单位面积同类型土地的生态生产力也存在很大差异。因此需要用产量因子对不同类型的面积进行调整。某个国家或地区某类土地的产量因子是其平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率^[13]。

目前对产量因子的研究较少,研究对象主要分为国家尺度上和区域尺度产量因子的核算。在核算方法上,一些研究通过区域平均产量和上一层次尺度的平均产量的比值来估算产量因子^[14-15],也有学者使用净初级生产力的方法来计算不同区域的产量因子^[16]。

1.3 平均产量

农产品平均产量是计算生态足迹和生态容量的一个关键参数。关于农产品全球平均产量的使用,绝大部分国内外研究所引用的数据均来源于 WWF 的

《Living Planet Report》(根据 FAO2002 年数据计算)^[17]和《National natural capital accounting with the ecological footprint concept》(根据 1993 年数据计算)^[3]。另外,也有研究在全球平均产量的计算中使用 5 a 农产品平均产量数据的平均值来更准确的反映农产品全球平均产量^[18]。在国家尺度和城市尺度上,平均产量的数据通常可由官方的统计数据得到,因此相关研究鲜有出现。

1.4 不同尺度层面下各参数的计算

为方便讨论不同参数选择的影响,需明确城市生态足迹模型应用中各尺度层面上均衡因子、产量因子和平均产量含义的区别。以均衡因子为例,本文依尺度次序分别称之为全球均衡因子、国家均衡因子和城市均衡因子。不同尺度层面下各参数的计算方法见表 1。

表 1 不同尺度层面下各参数的计算方法

尺度	均衡因子	产量因子	平均产量 (水产品除外)
全球层面	$r_{gk} = \frac{Y_{gk}}{Y_g}$	$\lambda_{gk} = \frac{Y_{gk}}{Y_{gk}}$	$EP_{gi} = \frac{P_{gi}}{A_{gi}}$
国家层面	$r_{nk} = \frac{Y_{nk}}{Y_n}$	$\lambda_{nk} = \frac{Y_{nk}}{Y_{nk}}$	$EP_{ni} = \frac{P_{ni}}{A_{ni}}$
城市层面	$r_{ck} = \frac{Y_{ck}}{Y_c}$	$\lambda_{ck} = \frac{Y_{ck}}{Y_{ck}} = 1$	$EP_{ci} = \frac{P_{ci}}{A_{ci}}$

注: r ——均衡因子; λ ——产量因子(全球尺度:ghm²/hm²,国家尺度:nhm²/hm²,城市尺度:chm²/hm²);EP——平均产量(全球尺度:kg/ghm²,国家尺度:kg/nhm²,城市尺度:kg/chm²); k ——生态生产性土地的类型($k=1,2,\dots,6$); i ——农产品的类型; Y_g, Y_n, Y_c ——全球、国家、城市尺度上所有各类土地的平均生产力; Y_{gk}, Y_{nk}, Y_{ck} ——全球、国家、城市尺度上第 k 类土地的平均生产力; P_{gi}, P_{ni}, P_{ci} ——全球、国家、城市尺度上第 i 类农产品的生产产量(kg); A_{gi}, A_{ni}, A_{ci} ——全球、国家、城市尺度上第 i 类农产品的生产总面积(hm²)。

2 不同模型参数选择对城市尺度生态足迹核算的影响

2.1 传统生态足迹模型

传统生态足迹模型使用的参数为:全球均衡因子、全球产量因子和全球平均产量。直接将传统生态足迹模型在国家尺度上计算的参数应用于城市层面,是生态足迹模型在小尺度应用上最常用的手段^[8-9]。该参数组合下城市某种生物产品的生态足迹需求的计算方法为:

$$EF_{ci} = \frac{C_i}{EP_{gi}} \cdot r_{gk} \quad (1)$$

式中:EF_{ci}——指城市第 i 种生物产品的生态足迹(ghm²); C_i ——该城市第 i 种生物产品的消费量(kg)。

该参数组合的应用目的是将城市的消费量通过全球平均产量和全球均衡因子转换为全球公顷,但实

际应用中在达到国际比较目的的同时,往往忽略该参数组合应用于城市尺度时理论内涵及误差的探究。

2.1.1 误差的模糊处理 由于城市内某一种产品的消费量通常并不完全来自本地的产量,存在密集的国际和国内贸易过程。采用全球平均产量,可减小消费产品来源地土地生产力的不同而形成的误差,但如果直接采用国家平均产量或城市平均产量作为消费量的土地面积需求核算,本质上是设定了“本地消耗量全部来源于本地生产”的假设,忽略消费量中的贸易内涵,进而带来误差^[19]。

在贸易全球化的背景下,贸易为利用远距离的自然资源提供了便利,由于生态供给力在区域间的分布不均,因此必须允许贸易往来^[20]。贸易的理想状态就是将生态供给力均匀的分布到各个地区,在这种前提下,城市消耗产品量的各来源地的平均产量应该接近于全球平均水平。因此全球平均产量的使用可以一定程度上消化贸易带来的误差,但由于全球平均产量取代消费量的平均产量内涵是在理想状态的前提下,误差不可能完全消除,所以全球参数的应用实际上是对误差的一种模糊化处理过程。

2.1.2 绝对数值的全球可比性 特定尺度下的均衡因子衡量的是某种产品在该尺度下相对于平均水平的价值。在使用全球均衡因子时,处于不同研究区但具备同样的消费情况会计算得到同样的生态足迹需求结果,这本质上是忽略同一产品在不同区域的价值不同,而这种价值存在于贸易成本和购买价格的差异。价值的形成因素包括供应能力、消费能力(人口量)、购买力(富裕水平)等,尽管产量因子的引入可以从土地产出能力(即供应能力)的角度体现价值的区域差异性,但无法消除地区人口压力和富裕水平的差异对结果全球可比性的影响。因此生态足迹的全球可比性是相对性的,这种相对性随着应用尺度的缩小会愈加明显,城市尺度下区域特殊性的分异程度远高于国家尺度,而对生态、经济、社会压力的调整能力又远低于国家尺度,导致该种参数组合下不同国家的不同城市间的生态足迹核算结果的可解释性很差,只具备数值上的比较意义。

2.2 “国家公顷”生态足迹模型

“国家公顷”生态足迹模型使用的参数为:国家均衡因子、国家产量因子和国家平均产量。采用全球性参数时的生态足迹的计算结果是以“全球公顷(ghm²)”为计量单位,基于此,一些学者提出以“国家公顷(nhm²)”为计量单位的生态足迹模型,使用国家层面的均衡因子、平均产量及产量因子进行省、市等区域级生态足迹的计算^[10]。目的在于反映同一国家

不同城市生态负荷及生态容量现状的差异。但在实证中的应用以及对于该模型的理论意义的理解上均存在一些值得探讨的问题。

2.2.1 城市区域特征的尺度错觉 “国家公顷”模型提出的初衷是为反映同一国家不同区域(城市)生态压力状况的差异,应用研究结论也得到了学者的肯定^[14-15]。在已有的研究中,“国家公顷”生态足迹模型的城市某种生物产品的生态足迹需求的计算方法为:

$$EF_{ci} = \frac{C_i}{EP_{ni}} \cdot r_{nk} \quad (2)$$

可见,“国家公顷”模型是在传统“全球公顷”模型基础上的一种降维处理,由于均衡因子的核算方法本身的局限性,国家均衡因子衡量的是某国家某种地类生产力水平相对于总体平均水平的价值,即国家均衡因子体现的是城市的6种生态生产性土地类型之间的生态足迹需求比重的国家尺度特征,而城市区域本身的特色依然是无法体现的。即城市区域特征的出现是尺度在从全球层面向国家层面推移时,国家特征在亚国家尺度(城市)上的体现而产生的错觉。

在应用价值上,横向可比性限于国家尺度范围内,该算法本质上默认本地所消耗的产品量均来自国家内的生产,忽略国际贸易因素对消费量内涵的影响,限制了消费量的概念外延,模型的应用目的实际在于解释城市生态足迹需求在本国生产力背景下被满足的能力。由于不能体现城市消费总量的来源结构,同样的消费数量会得到同样的生态足迹需求结果,细化到某种用地类型或某种产品的生态足迹的横向比较分析时只存在绝对数值上的比较意义。

2.2.2 基于消费来源分解的“国家公顷”模型 在全球尺度上地球可视为是一个自给自足的封闭体,产品的消费量等同于生产量,因此均衡因子的测算已将贸易因素消化。但国家尺度上不同,均衡因子虽然可以反映土地的生产力,但对那些主要依赖于国际进口的产品,用本国平均产量核算显然不能真实反映产品来源地的土地生产力耗费价值。

为进一步体现城市消费结构的特征,可尝试建立基于消费来源解析的“国家公顷”模型算法,在计算中解析某种产品本地消费量的产地来源,即“本地消费量=本地生产量+国内贸易输入量-国内贸易输出量+国际进口量-国际出口量”,其中生产来源并非是本国的部分为国际进口量,则城市某种生物产品的生态足迹需求的计算方法为:

$$EF_{ci} = \left(\frac{C_i - \sum_{j=1} I_{ij}}{EP_{ni}} + \sum_{j=1} \frac{I_{ij}}{EP_{mj}} \right) \cdot r_{nk} \quad (3)$$

式中: I_{ij} ——城市第*i*种生物产品消费量中来自第*j*

个国家的进口量(kg); EP_{nij} ——第 j 个国家中第 i 种生物产品的平均产量(kg/nhm²)。

在该核算方法中,生态足迹需求计算时,国家均衡因子输入端的均衡对象是各产品的实际需地量,体现的是消耗产品的“价值”,而原方法体现的是消耗产品本地虚拟需地量,即“存在价值”。均衡因子输出端的均衡结果是本地实际消耗的生态足迹,以体现在特定消费来源结构下真实的生态足迹需求总和。

此外,在生态承载力(生态足迹供给)计算时,产量因子的引入将不同地类之间的平均生产力因素被消除,相对与“全球公顷”下的生态承载力,“国家公顷”下的生态承载力实际是按照国家土地平均生产力与全球土地生产力的比值放大或缩小的结果。

但需要注意的是,该算法也仅仅是解析了国际贸易对消费结构的影响,对于复杂的国内贸易,依然无法在生态足迹核算中体现。因此该模型应用价值的范围,是在保证城市生态足迹计算结果在国家层面的空间可比性之外,还可解释国家内同样消费量的城市因国际贸易的消费结构不同而形成的生态压力的差异。

2.3 其它参数应用模式下的生态足迹模型

2.3.1 国家化传统生态足迹模型 国家化的传统生态足迹模型使用的参数为:国家均衡因子、国家产量因子和全球平均产量。该参数组合模式是将“国家公顷”模型中的“国家平均产量”用“全球平均产量”代替,可称之为“国家化的全球公顷”模型,该模型下城市某种生物产品的生态足迹需求的计算方法为:

$$EF_{ci} = \frac{C_i}{EP_{gi}} \cdot r_{nk} \quad (4)$$

生态足迹模型使用全球性参数或国家性参数来达到在其尺度下的空间可比性,即空间可比性与参数的尺度效应成正比,而前提是必须使用同样尺度下的参数组合,国家化的传统生态足迹模型选用了不同尺度下的平均产量和均衡因子,因此只具备狭义的有条件的全球可比性。该模型对不同消费情况的城市之间的差异无法解释,却可应用于解释“同样或相似消费情况下的不同城市在不同国家的生态压力的差异”。

在已有的研究中,主要依赖于研究在更小尺度上的平均产量和均衡因子方法来体现区域特殊性^[10,14-15]。可见区域特殊性与参数的尺度效应成反比,参数的尺度效应在空间可比性和区域特殊性上表现为悖论,区域特征的体现必将以牺牲空间可比性的范围为代价。参数在尺度上的混合使用并不能消除这种悖论,却只能降低模型的应用价值,仅依靠对现有参数的调整研究来提高生态足迹模型对区域特征的表现力是有局限性的。

此外,通过参数的调整所体现的区域特征性只是土地生产力、消费结构、生产结构的综合体现,对经济社会水平、人口和环境的压力等方面均没有体现。

2.3.2 “城市公顷”生态足迹模型 “城市公顷”生态足迹模型使用的参数为:城市均衡因子、城市产量因子和城市平均产量。该模型将参数组合的尺度降到最低水平——城市尺度,则“城市公顷”模型下城市某种生物产品的生态足迹需求的计算方法为:

$$EF_{ci} = \left(\frac{C_i - \sum_{j=1} I_{ij}}{EP_{ci}} + \sum_{j=1} \frac{I_{ij}}{EP_{cij}} \right) \cdot r_{ck} \quad (5)$$

式中: I_{ij} ——城市第 i 种生物产品消费量中来自第 j 个地区(国家或城市)的进口量(kg); EP_{cij} ——第 j 个地区中第 i 种生物产品的平均产量(kg/chm²)。

生态足迹评价结果的静态性缺陷是公认的,由于生态足迹模型的计算通常基于年际的统计数字,加上模型设计没有考虑消费变化的过程特点,使得这类研究不具备合理预测未来生态足迹变化的能力,而只具有横向比较的意义^[19-20]。

基于参数的尺度效应,“城市公顷”模型在完全牺牲结果的空间可比性的条件下,充分体现城市自身生产消费特征,使结果只具备城市自身比较的意义,因此在应用中,可结合传统生态足迹模型或“国家公顷”模型,在为城市进行生态压力定位的基础上,开展城市尺度上长时间序列的动态研究。理论上,该模型既可以通过平均产量和均衡因子的变化更精确地反映城市土地生产能力的变化,也可以反映出细化的尺度下消费结构的变化对城市生态压力的影响,这虽然不能从根本上解决模型的静态性问题,但却可成为未来应用研究的突破方向之一。

3 讨论

3.1 均衡因子中的价值观

均衡因子体现了所核算尺度下的价值观。均衡因子衡量的是某种生态生产性土地的生产力在特定尺度下相对于总体平均生产力水平的比值^[13]。而生产力代表一种价值,在均衡因子的核算中,需要利用媒介将生产力量化为可比较的标准化数据,标准化媒介的选择则代表不同的价值观。

已有的研究成果主要集中于反映均衡因子的自然价值观,强调土地生产力的自然属性^[10-12]。然而,土地生产力具备社会经济属性是被忽视的^[19,21]。生物量、能值、热值等均不能直接反映生物产品的真实价值,忽略了产品的供求平衡、可替代性、稀缺性等影响价值的因素,例如稀缺产品的价值往往与其自然属性相去甚远。

产品价格是其价值的最直接表现形式,价格的形成是以价值为基础,影响价格形成的其它因素主要有商品供求状况、币值的变化和国家的经济政策等。因此,使用生物产品价格来表征土地生产力,从经济价值观的角度核算均衡因子,可以作为结合经济学来解释生态足迹供需压力的一种尝试。

3.2 产量因子的不确定性

目前产量因子是基于本地实际产量来核算的,而生态承载力则应该是在特定技术条件下的土地生产能力,由此引发了一些争论。首先,当土地的利用方式或成本投入改变时,产量因子则会导致生态承载力的低估。其次,因为全球产量随时间发生变化,由产量因子计算得出的生态足迹与生态承载力的时间序列则必须参考另一个生态足迹或生态供给力来对结果进行解释。再次,基于实际产量计算的产量因子存在的另一个问题是,由于建设用地的产量因子的取值与耕地相同,会使建成用地的生态足迹计算处于持续变化之中,这是欠合理的^[22]。

有些学者指出产量因子应该根据土地固有生产潜力(例如某一个生产力因子)来计算,用实际产量和生产力因子之间的差距反映技术水平的提高。由生产力因子计算得出的生态足迹与生态供给力的时间序列可能比从产量因子得出的更容易解释。生产力因子的引入也可以使建成用地的生态足迹计算结果稳定不变,固有生产潜力也较为符合建设用地生态价值的内涵^[20-22]。

生产力因子的核算框架尚缺乏研究,目前没有充足的数据来说明。同时,使用生产力因子代替产量因子会使生态足迹承载力核算由实际值变为理想值,生产潜力没有技术条件的前提,进而导致生态足迹核算的结论趋于乐观,这并不利于提高生态足迹模型的应用价值。因此研究使用特定技术条件下的生产力因子,并进一步将技术因素对生态足迹的影响量化,是较为合理的解决方案。

3.3 空间可比性的来源

生态足迹模型得到广泛应用的原因之一是其全球范围上的空间可比性,但对模型空间可比性的产生方式往往被忽略。以传统生态足迹模型为例,一些研究中将均衡因子的单位定为 ghm^2/hm^2 ,即认为空间可比性的计量单位“全球公顷(ghm^2)”产生于均衡因子^[14-15]。该观点是片面的,即使没有均衡因子的引入,各类生态生产性土地上的生态足迹核算结果依然具备各自的空间可比性,从均衡因子的计算方法可见,分子分母的内涵相同,尺度内涵被抵消,因此均衡因子是无量纲的数值。均衡因子只是将各类土地上

的生态足迹的标准化,使最终的综合生态足迹核算结果具备了空间可比性。

在生态足迹需求计算中,空间可比性是来自于平均产量的引入,全球平均产量的单位为 kg/ghm^2 ,通过全球平均产量将产品消费量折合为该产品的全球平均土地面积需求;在生态承载力计算中,空间可比性则来自于产量因子的引入,产量因子的计算方法是某种用地类型上区域的土地生产力与全球平均生产力的比值,单位为 ghm^2/hm^2 ,通过产量因子将某种用地类型的生产力折算为该地类的全球平均土地生产力。

3.4 贸易调整的难度与缺陷

与在国家等大尺度上相比,生态足迹计算在城市尺度上进行贸易调整时,由于统计信息中,往往没有各产品的真实国内消费量,因此常常采用使用各个产品的国内生产量与每种消费项目的国际净贸易量来估算消费量^[19]。这显然不能完全反映城市真实的复杂贸易过程对生态足迹的影响,实质上只是考虑了生态足迹账户中所计算项目产品的直接国际贸易,因而忽略另外两类贸易过程。

(1)国内贸易。忽略国内贸易过程的根本原因在于城市不具备国家那样对所有贸易类型和数量进行详细统计的环境条件(如严格的边境控制)和管理机制(统计与监管架构),城市间经贸往来复杂性程度极高,国内贸易统计数据的完备性严重不足,使得城市尺度生态足迹评价结果很难进行合理的贸易调整^[23]。

(2)加工产品贸易。根据贸易调整的算法,其结果只是将初级生物产品和能源产品(石油、煤等)的净贸易量的影响剔除,其本质是关注了初级生物产品和能源产品在地区之间直接贸易,却忽略了初级生物产品和能源产品在进入加工过程后的贸易过程。出现此缺陷的原因在于加工产品的种类较初级产品过于繁多,贸易统计数据往往不能完全涵盖,同时加工产品的消费量难以还原为初级产品消费量而进入账户计算^[23-24]。

参数应用模式的改变并不能避开贸易调整过程,上述贸易调整的缺陷会在城市尺度上更加突出的显现出来,形成的应用误差会大大降低结果的可解释性。基于此,有学者研究提出宏观贸易调整法,引入“贸易调整系数”的新参数,并开展实证研究,在一定程度上消除了贸易调整的缺陷对模型应用的影响^[23-24]。

4 结论与启示

生态足迹模型在城市尺度上的应用受到越来越多的关注,本文对城市尺度生态足迹模型下均衡因

子、产量因子和平均产量的选择作出系统性的分析和探讨。由于生态足迹能源账户的折算参数和生物产品账户的平均产量的内涵一致,文章没有涉及能源账户参数使用的影响分析。从生态足迹模型参数的内涵和应用模式的角度去探讨其对模型的影响,可利于更深入的理解模型应用的内涵和存在的问题。

(1)参数具有尺度特征,各种尺度参数应用的利弊不同。空间可比性和区域特征的体现存在悖论。全球性参数可以模糊化贸易对消费量的影响却让结果的区域化特征不足;国家层面的参数可以赋予结果一定的区域特性却容易引起核算中概念的混乱;城市级别的参数虽然应用价值较低却更利于时序性的研究。

(2)参数的应用条件常被忽略。一是较为注重模型整体的应用研究,参数的含义以及应用前提往往被忽略;二是关注于参数本身的精确化计算,却忽视参数真正的应用价值与适用范围。

(3)参数的优化调整对解决模型固有缺陷的意义。均衡因子、产量因子和平均产量均是“综合法”生态足迹计算中不可或缺的参数,参数的意义具有局限性,依靠参数的调整,可以一定程度上缓解模型的静态性、土地生产力中社会经济因素的影响等缺陷,但对诸如空间可比性和区域特征性的悖论、贸易调整方法的不足等方面却无能为力。

参考文献:

- [1] Rees W E, Wackernagel M. Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability[J]. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 16: 224-248.
- [2] Wackernagel M. Ecological Footprints of Nations [EB/OL]. (1997-03-10)[2005-09-10]. <http://www.en-council.ac.cr/rio/focus/report/English/footprint/>.
- [3] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capacity accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29(3): 375-390.
- [4] Vanden B J, Verbruggen H. Spatial sustainability, trade and indicators: An evaluation of the ecological footprint [J]. Ecological Economics, 1999, 29: 61-72.
- [5] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leave out [J]. Environ. Urban, 1992, 4(2): 120-130.
- [6] 白钰,曾辉,魏建兵,等.基于环境污染账户核算的生态足迹模型优化:以珠江三角洲城市群为例[J].应用生态学报,2008,19(8):1789-1796.
- [7] 刘富刚.基于生态足迹的鲁西北生态经济可持续发展研究[J].水土保持研究,2008,15(4):138-141.
- [8] 白钰,曾辉,梁尧钦,等.城市尺度生态足迹计算中温室气体环境责任的区域分配法[J].中国环境科学,2009,29(5):555-560.
- [9] 谭波,傅瓦利.基于生态足迹的巫山县土地承载力研究[J].水土保持研究,2010,17(5):105-113.
- [10] 顾晓薇,王青,刘建兴,等.基于“国家公顷”计算城市生态足迹的新方法[J].东北大学学报:自然科学版,2005,26(4):295-298.
- [11] 刘某承,李文华.基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J].生态与农村环境学报,2010,26(5):401-406.
- [12] 杜加强,舒俭民,张林波.基于净初级生产力的生态足迹模型及其传统模型的对比分析[J].生态环境学报,2010,19(1):191-196.
- [13] 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.
- [14] 张恒义,刘卫东,林育欣,等.基于改进生态足迹模型的浙江省域生态足迹分析[J].生态学报,2009,29(5):2738-2748.
- [15] 张帅,董泽琴,王海鹤,等.基于生态足迹改进模型的均衡因子与产量因子计算:以某市为例[J].安徽农业科学,2010,38(14):7496-7498.
- [16] 刘某承,李文华,谢高地.基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算[J].生态学报,2010,29(3):592-597.
- [17] World Wrestling Federation (WWF). Live planet report-Academic Edition 2005-World[EB/OL]. (2005-10-22)[2008-01-01], <http://www.footprintnetwork.org/>.
- [18] 谢鸿宇,叶慧珊.中国主要农产品全球平均产量的更新计算[J].广州大学学报:自然科学版,2008,7(1):76-80.
- [19] 白钰,曾辉,魏建兵.关于生态足迹分析若干理论与方法论问题的思考[J].北京大学学报:自然科学版,2008,44(3):493-500.
- [20] 曹宝,秦其明,王秀波,等.生态足迹改进模型在可持续发展评价中的应用研究[J].生态环境,2007,16(3):968-972.
- [21] 邓祥征,姜群鸥,战金艳.中国土地生产力变化的情景分析[J].生态环境学报,2009,18(5):1835-1843.
- [22] Wackernagel M. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges[J]. Land Use Policy, 2004, 21: 271-279.
- [23] 白钰,曾辉,马强,等.基于宏观贸易调整法的城市尺度生态足迹模型:以珠江三角洲城市群为例[J].自然资源学报,2009,24(2):241-250.
- [24] 白钰,曾辉,李贵才,等.基于宏观贸易调整法的国家生态足迹模型[J].生态学报,2009,29(9):4827-4835.