

基于生态足迹模型的土地利用生态承载力评价*

——以西昌市为例

李立娜¹, 刘运伟¹, 吴建勇²

(1.西昌学院 农业科学学院, 四川 西昌 615013; 2.南充市仪陇县国土资源局, 四川 仪陇 637600)

【摘要】基于生态足迹模型,对四川省西昌市土地利用生态承载力进行计算分析,结果表明:西昌市人均生态足迹为0.695541,按12%生物多样性扣除后人均生态承载力为0.610628,人均生态赤字为0.08491;西昌市人均资源利用水平远低于中国人均资源利用率。从生态足迹的组分来看,不同土地利用类型的生态足迹由大到小排序,依次为耕地、化石能源用地、水域、建筑用地、草地、林地;西昌市目前的发展模式主要以消耗自然资源存量为主。

【关键词】生态足迹;生态承载力;西昌市;生态环境

【中图分类号】F301.24;X37 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2014)03-0001-03

1 生态足迹理论概述及计算方法

1.1 基础理论

生态足迹是用以衡量资源可持续利用的一种综合核算的工具,是量化区域可持续发展程度的重要方法。这一理论由加拿大经济学家 William E. Rees 于 20 世纪 90 年代初提出^[1]。Wackernagel 对其计算原理及方法进行了进一步的发展和完善^[2]。生态足迹法基于以下研究思路进行计算:(1)计算一定研究区域人类自身生存需要消耗的大部分资源以及由此产生的废弃物数量,然后利用土地均衡因子,将计算得出的人类所消耗的资源 and 产生的废弃物转换为生产性土地面积,得出研究区域的生态足迹;(2)将生物生产性土地大体上分为六大类:耕地、林地、草地、水域、建设用地和化石能源用地,利用产量因子,计算各类型土地的生态承载力作为该区域的生态承载力;(3)比较计算得出的研究区域生态足迹与生态承载力之间的大小关系,生态足迹大于/小于生态承载力,区域分别表现为“生态赤字/盈余”,再根据生态赤字/盈余情况,对地区可持续状态进行评价^[3]。

1.2 计算方法

1.2.1 生态足迹计算方法

生态足迹(ecological footprint)是指一个人口(一个城市、一个国家或一个地区)需要消费的所有资源数量和消纳这些人口所产生废弃物所需要的生物生产性土地面积^[4]。用以表征人类生态需求,即人类发展的生态负荷值与环境破坏度呈正比。生态足迹计算公式为:

$$EF = \sum r_i c_i / y_i \quad (1)$$

$$ef = EF / N \quad (2)$$

式中各字母含义如下:EF-生态足迹总量;ef-人均生态足迹; r_i -均衡因子; c_i -第*i*种消费项目的总消费量; y_i -生产第*i*种消费项目的世界年均产量; N -人口数。均衡因子(r_i)是指全球该类生物生产性用地的平均生产力除以全球6类生物生产性土地的平均生产力所得值。

1.2.2 生态承载力计算方法

生态承载力(ecological capacity)是指某一研究区域范围内所能提供的生物生产面积^[5-7]。其表征区域生态系统供给人类自然资源和生态服务的能力。生态承载力计算公式为:

$$EC = a_j r_j y_j \quad (3)$$

$$ec = EC / N \quad (4)$$

式中:EC为生态承载力;ec为人均生态承载力; a_j 为第*j*种生物生产性土地面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子。

1.2.3 生态赤字(盈余)的计算

生态赤字或盈余(Ecological Deficit or Reserve, ED/ES)是指生物承载力与生态足迹二者之差;ED/ES反映研究区域内人口对自然资源的利用状况和计算时刻所表现出的该区域的生态可持续性^[8]。当生态承载力小于生态足迹时,表现为生态赤字;相反则表现为生态盈余。生态赤字越大,区域依赖性越强,这种依赖性在某种程度上反映了不同区域对于生态系统的安全状况^[9]。

生态赤字(盈余)计算公式为:

$$ED(ES) = EC - EF$$

式中:ED-生态赤字,ES-生态盈余。

收稿日期:2014-07-15

*基金项目:四川省教育厅课题“基于生态足迹模型的西昌市可持续发展研究”(项目编号:12ZB127)。

作者简介:李立娜(1977-),女,吉林松原人,硕士,讲师,研究方向:土地评价与土地管理。

均衡因子和产量因子采用威廉·里斯的计算结果,具体见表 1。

表 1 不同土地类型的均衡因子和产量因子

土地类型	均衡因子	产量因子
耕地	2.82	1.66
草地	1.14	0.91
林地	0.22	1
水域	0.54	0.19
建筑用地	2.82	1.66
化石能源用地(CO ₂ 吸收用地)	1.14	0

2 研究区概况

四川省西昌市是凉山州的首府,位于滇西北川西南,地处川西高原(海拔 1500 米~2500 米)的安宁河平原(四川第 2 大平原)腹地,介于东经 101° 46' -102° 25' 及北纬 27° 32' -28° 10' 之间,幅员面积 2654.89km²。西昌市属于热带高原季风气候,四季如春,光热资源丰富,年平均气温 17.2℃,年平均日照 2432.1h,多年平均无霜期 273d,年平均降雨量 1004.3mm。2010 年末,全市总人口 746300 人。

3 西昌市生态足迹和生态承载力计算

3.1 西昌市生态足迹计算

主要计算西昌市生物资源消费(主要包括农产品和木材)和能源消费两大部分。

3.1.1 人均生物资源消费生态足迹

根据《西昌市国民经济统计资料(2011 年)》,西昌市 2010 年人口数为 746300 人,生物资源中农产品分为谷物、豆类、薯类、油料、麻类、甘蔗、蔬菜等共 18 种。根据公式 1、2 计算得到西昌市 2010 年生物资源消费生态足迹,见表 2。

表 2 西昌市 2010 年生物资源消费生态足迹

食物	产量 (t)	全市平均单产 (kg/hm ²)	生态足迹总量 (hm ²)	人均生态足迹 (hm ² /人)	土地利用 类型
谷物	534181	2744	547029.4	0.732989	耕地
豆类	4280	1856	6479.957	0.008683	耕地
薯类	8359	12607	1863.155	0.002497	耕地
油料	22832	545.4	117634.6	0.157624	耕地
麻类	321	1500	601.34	0.000806	耕地
甘蔗	1118	18000	174.5322	0.000234	耕地
蔬菜	80290	18000	12534.16	0.016795	耕地
瓜类	6435	18000	1004.575	0.001346	耕地
其他农作物	213579	900	666841.1	0.893530	耕地
猪肉	39030	74	601273	0.805672	草地
牛肉	890	33	30745.45	0.041197	草地

羊肉	111	33	3834.545	0.005138	草地
禽肉	4350	400	12397.5	0.016612	草地
奶类	6936	502	15751.08	0.021106	草地
禽蛋	6852	400	19528.2	0.026167	草地
水果	1078	7125.2	33.28468	0.000045	林地
水产品	58253	258	121924.9	0.163373	水域

3.1.2 人均能源消费生态足迹

对于能源消费的生态足迹计算,主要是能源生产及消费后,需要多大生态空间来吸收其所产生的 CO₂。西昌市能源消费类型主要包括原煤、焦炭、汽油、煤油等共 9 种,根据公式 1、2 计算得到西昌市 2010 年能源消费生态足迹,如表 3 所示。

表 3 西昌市 2010 年能源消费生态足迹

类型	消耗量 (t)	折算系数 (GJ/hm ²)	全球平均能源 足迹(GJ/hm ²)	生态足迹 总量(hm ²)	人均生态 足迹(hm ² /人)	土地利用 类型
原煤	131611	20.934	55	57106.635	0.07651968	能源用地
焦炭	873	28.47	55	515.162	0.00069029	能源用地
汽油	54	43.12	93	28.543	0.00003825	能源用地
煤油	1	43.12	93	0.529	0.00000071	能源用地
柴油	927	42.71	93	485.323	0.00065031	能源用地
燃料油	1761	50.2	71	1419.416	0.00190194	能源用地
液化石油汽	51	43.12	71	35.310	0.00004731	能源用地
其他石油制品	9796	43.12	71	6782.254	0.00908784	能源用地
电力	1053367	11.84	1000	14217.926	0.01905122	建筑用地

3.2 西昌市生态承载力计算

根据《西昌市国民经济统计资料(2011)》,得到西昌市 2010 年各类土地类型的面积和人口数,利用公式 3、4 进行计算,得出西昌市 2010 年生态承载力。根据世界环境与发展委员会有关报告,计算生态承载力时应遵循谨慎原则,扣除 12% 的生物多样性保护面积,据此计算得出西昌市 2010 年人均生态承载力,结果见表 4。

表 4 2010 年西昌市生态承载力

土地类型	均衡因子	产量因子	人均土地 面积(hm ² /人)	人均生态承 载力(hm ² /人)	生物多样性 扣除后
耕地	2.82	1.66	0.115493	0.540646	0.475768
草地	1.14	0.91	0.000946	0.000981	0.000864
林地	0.22	1.00	0.058374	0.012842	0.011301
水域	0.54	0.19	0.085384	0.00876	0.007709
建筑用地	2.82	1.66	0.027913	0.130666	0.114986
化石能源用地	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00

3.3 西昌市生态足迹和生态承载力分析

根据以上数据,进一步计算可以得出西昌市不同土地利用类型的人均生态足迹和生态承载力,加总得出其生态盈余和生态赤字情况,详见表 5。

表5 西昌市人均生态足迹分类供需表

土地利用类型	土地供给		土地需求	人均生态
	人均生态 承载力(hm ²)	生物多样 性扣除后	人均生态 足迹(hm ²)	盈余/赤字 (hm ²)
耕地	0.540646	0.475768	0.506247	-0.03048
草地	0.000981	0.000864	0.014872	-0.01401
林地	0.012842	0.011301	0.002684	0.008617
水域	0.00876	0.007709	0.031391	-0.02368
化石能源用地	0.000000	0.000000	0.119300	-0.119300
建筑用地	0.130666	0.114986	0.021047	0.093939
合计	0.693895	0.610628	0.695541	-0.08491

表5的计算结果表明,西昌市人均生态足迹为0.695541,人均生态承载力(生物多样性扣除后)为0.610628,人均生态赤字为0.08491。根据专家测算,中国1997年的人均生态足迹为1.2,人均生态承载力仅为0.8,人均生态赤字为0.4。人均生态足迹越大,说明一个国家或地区居民资源消耗强度越大,资源利用也就越多。而西昌市人均拥有的资源利用水平远低于中国人均资源利用率。另外,由于0.08491生态赤字的存在,西昌政府在制定经济发展

政策时,必须充分考虑如何加强资源合理利用,最大程度的减少发展经济带来的自然生态系统压力。

从生态足迹的组分上分析,各不同土地利用类型的生态足迹之间存在一定的差异。由大到小排序,依次为耕地、化石能源用地、水域、建筑用地、草地、林地。可见,西昌市目前主要是消耗自然资源的存量为主的发展模式。农林产品是生物资源的主要消费产品,能源消耗主要以消耗煤炭为主,存在一定程度的能源紧缺。因此,有必要加强新技术、新工艺的投入,通过制定节能规划及广泛宣传等措施,提高全民节能意识,缓解环境污染日益严重的局面,降低西昌市生态足迹需求,实现生态盈余。

从生态承载力的计算计算结果可以看出,西昌市人均耕地面积占总可利用生态足迹的比例为77.91%,接下来是人均建筑用地,林地,水域和草地。结合表中数据可以看出,西昌市人均需求大于供给的用地主要包括耕地、草地、水域和化石燃料用地,供给大于需求的用地有林地何建筑用地。伴随着工业化和城市化的进行,大面积的耕地需求是造成西昌市生态赤字的主要原因。

注释及参考文献:

- [1] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992,4(2):121-130.
- [2] Wackernagel M, Rees W E, Testmale P. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth (New Catalyst Bioregional Series). Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [3] Rees W.E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leave out [J]. Environment Urban, 1992, 4(2): 120-130.
- [4] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [5] Cohen J E. How many people can the earth support [J]. Population Research, 1998, 22 (5): 69-761.
- [6] Wackernagel M. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. Ecological Economics, 1999, 29 (3): 375-3901.
- [7] Wackernagel M. Why sustainability analyses must include biophysical assessments [J]. Ecological Economics, 1999, 29 (1): 12-151.
- [8] 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. 2007,32(6):68.
- [9] 方一平,陈国阶.西昌市生态空间占用及其生态系统安全评估[J].长江流域资源与环境.2004,13(3):214.

(下转27页)

Boundary Control of a First-order Hyperbolic PDE

GUO Chun-li , HU Rong

(School of Mathematics and Finance, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou, Sichuan 635000)

Abstract: This paper considers stabilization of a first-order hyperbolic PDE by using backstepping method of boundary control. For designing the controller, a modificative backstepping transformation is introduced. Through a series of mathematical computation, the exact solutions of kernels are obtained, and a control law is obtained specifically. Finally, for obtaining stabilization of the closed-loop system, the inverse information is found.

Key words: a First-order Hyperbolic PDE; boundary control; backstepping method; stabilization

(上接3页)

An Evaluation on Land Utilization Ecological Carrying Capacity Based on the Ecological Footprint Model

——Taking Xichang College as an Example

LI Li-na¹, LIU Yun-wei¹, WU Jian-yong²

(1.School of Agricultural Sciences, Xichang College, Xichang, Sichuan 615013;

2.Yi long Land Res Duraces Bureau of Nan chong, Yilong, Sichuan 637600)

Abstract: Based on the ecological footprint mode, the authors calculated and analyzed the land utilization ecological carrying capacity on Xichang city of Sichuan Province. The results showed that the per capita ecological footprint of Xichang City was 0.695541, which dropped to 0.610628 after deducting 12% biodiversity, and the per capita ecological deficit was 0.08491. The utilization level of resources per capita of Xichang City was much lower than that of China. From the composition of ecological footprint, the ecological footprint of different land use types from big to small order, followed by arable land, fossil energy land, water area, construction land, grassland and woodland. At present, the development mode of Xichang city was mainly to consume natural resource stock.

Key words: ecological footprint; ecological carrying capacity; Xichang city; ecological environment

(上接24页)

variety of methods.L'Hospital principle is one of the important methods. Based on the confucian classics section Paodingjieniu of Chuang-tzu, the paper expounds in detail how to utilize L'Hospital principle for limit and the problems that should be paid attention to when using it, and the problems explained by the example.

Key words: limit of function; L'Hospital principle; higher mathematics; Paodingjieniu