

南充市农业生态经济可持续发展研究

——基于能值足迹模型^{*1}

杨羽

（西华师范大学 商学院，四川 南充 637002）

【摘要】:在生态经济可持续发展研究方面，生态足迹模型因其简单易测算、科学合理且适用范围广的特点，一经提出就得到了相关领域专家和学者的认可和应用。但是，在大量的定量研究中，传统生态足迹模型的不足逐渐暴露出来，比如该方法中使用的全球土地平均生产力、全球土地产量等因子存在生态偏向性，难以体现区域生态经济发展的特性等问题，使其计算结果存在较大的误差。针对这一不足，采用生态足迹模型的改进方法——能值足迹模型对南充市农业生态经济的可持续发展状况进行研究。结果表明，南充市 2010 年至 2014 年农业生态经济处于不可持续发展状态，应进一步加强该地区的农业生态环境的保护和治理。

【关键词】：南充市；农业；可持续发展；能值足迹

【中图分类号】:327

【文献标识码】:A

1 引言

随着经济社会的飞速发展，人类对资源、自然、环境的索取越来越大，相互之间的矛盾越来越尖锐，人口贫困、灾害频发、环境污染、资源枯竭等问题突显。上世纪 70 ~ 80 年代，“可持续发展”的概念应运而生，并得到了各国政府和学者的广泛认可和高度重视。在人类的所有经济生产活动中，农业无疑是与自然环境关系最密切的，它是直接在一定自然环境条件下利用一定的自然资源开展生产活动。人类通过农业活动，与自然界形成了最广泛最有生命活力的物质循环与能量交换关系，因此农业生态经济的可持续发展对人类社会与自然的可持续发展具有特殊的不可替代的地位。而要实现农业生态经济的可持续发展，首先应该能够对其可持续发展状态进行科学地评价，其中生态足迹模型及其改进方法能值足迹模型是其中两个比较重要的方法。

2 研究方法

2.1 传统生态足迹模型

生态足迹评价法是加拿大环境经济学家威廉·里斯（William E. Riss）及其学生麦斯·威克奈吉尔（Mathis Wackernagel）于 20 世纪 90 年代提出的以土地为单位定量测量生态状态来评价可持续性发展的概念与方法。该方法一开始主要用于全球及国家可持续发展的评价，随着研究的深入，逐渐应用到城市、经济产业、社会部门等领域。但是该方法中使用的全球土地平均生产力、全球土地产量等因子存在生态偏向性，难以体现区域生态经济发展的特性等问题，使其计算结果存在较大的误差。针

¹ 收稿日期:2017-03-23

作者简介:杨羽（1981—），女，讲师，硕士，研究方向：人口、资源与环境经济学。

对这些不足，许多学者也在探索新方法，不断地对生态足迹模型进行改进和完善，例如将传统生态足迹模型与能值分析法相结合提出的一种生态足迹模型改进方法——能值足迹模型。

2.2 能值足迹模型

2.2.1 模型原理。能值足迹模型中涉及到另一个生态经济的研究方法——能值分析法，该方法是由美国生态学家 H. T. Odum 于 20 世纪 80 年代创立的。所谓能值即为一流动或储存的能量所包含另一种类别能量的数量称为该能量的能值。由于任何能量均始于太阳能，故在实际应用中，可以将不同类别、不同等级的能量利用能值转换率转化成“太阳能值”，因此“太阳能值”成为衡量任何类别能量的标准。借助这个标准可以定量分析生态经济系统结构功能，评价和利用自然资源状况，制定国家经济方针政策，促进人与自然和谐共存。

能值足迹模型就是基于能值分析法的原理，从能量流出发，将研究区域内的各种消费项目通过能量折算系数和太阳能值转化率换算成太能值，然后借助能值密度将各消费项目的太阳能值转化为了生物生产性土地面积最后得到生态足迹。此法与传统生态足迹模型的区别主要表现在两个方面：其一研究的出发点不同，传统生态足迹模型是以物质流为出发点，而能值足迹模型是以能量流为出发点，后者比前者反映的区域生态情况更全面；其二核算参数不同，传统生态足迹模型使用的是土地等价因子，产量调整因子等，传统能值足迹模型使用的是能值转换率、能值密度等，后者比前者更加稳定。

2.2.2 具体方法。（1）计算能值生态足迹。公式为：
$$ef = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_i^j \times E_i^j \times S_i^j}{P_2}$$
（公式 1）。 ef 为人均生态足迹， c_i^j 为第 i 类土地的第 j 项产品或资源的消费数量， E_i^j 为第 i 类土地第 j 项产品或资源的能量折算系数， S_i^j 为第 i 类土地第 j 项产品或资源的太阳能值转换率， N 为区域总人口， P_2 为区域能值密度。其中： $P_1 = \frac{RR}{A_z}$ （公式 2）。 RR 为研究区域的五种可更新资源即：太阳辐射能、风能、雨水化学能、雨水势能及地球旋转能的总太阳能值， A_z 为研究区域土地总面积。

（2）计算能值生态承载力。考虑到只有可更新的资源才能够循环利用以支撑研究区域的生态经济可持续发展，所以将五种可更新资源通过能流公式计算出总太阳能值，再除以全球平均能值密度得出生态承载力。公式为：
$$ec = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m RR}{P_2}$$
（公式 3）。 ec 为

人均生态承载力， P_2 为全球平均能值密度。其中：
$$P_2 = \frac{ET}{A_w}$$
（公式 4）。 ET 为全球总太阳能值，由于太阳能、潮汐能和地热能对全球能量转化过程起着至关重要的作用，这三类能源是评估风、水、地球系统平均能值的主要能源，因此，太阳能、潮汐能和地热能这三种能量的太阳能值相加即为全球总太阳能值， A_w 为全球总面积。一般来说，全球平均能值密度选用的是 Odum 在 2000 年核算的 $3.104E+10 \text{sej}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

（3）生态经济可持续发展评价。对计算出的能值生态足迹与能值生态承载力进行比较，评价可持续发展状况：若前者大于后者，则研究区域存在生态赤字，生态经济不可持续发展；若前者小于后者，则研究区域存在生态盈余，生态经济可持续发展。

3 案例研究：以南充市 2010 ~ 2014 年的农业生态经济为例

3.1 区域概述

南充市地处四川盆地的东北部，嘉陵江的中游，居于西通成都，东向湖北，北引陕西，南联重庆的特殊地理位置，幅员面积 1.25 万 km²。南充境内地势西北略高，东南较低，地层水平，海拔一般为 256 ~ 889m。南充属中亚热带季风湿润气候区，年日照时间处于 1200 ~ 1500 小时范围内，年降雨量 980 ~ 1150mm 之间。南充是全国风速较小区域，多年平均风速 1.2 ~ 1.5m/s。截至 2014 年南充全市粮食作物播种面积 56.96 万 hm²，全年粮食总产量 304.86 万 t，连续 11 年粮食总产量居全省第一，园林水果产量 54.47 万 t，全年水产养殖面积 1.84 万 hm²，水产品产量 10.15 万 t，农林牧渔业总产值 528.04 亿元。

3.2 计算

根据南充市农业生态系统的资源投入情况及数据资料的可获得性，编制南充市农业生态经济系统能值投入分析表，如表 1（以 2014 为例，其它年份的能值投入项目及能值核算方法类似）。该表中各项目所涉及到的数据均来自于南充市 2011 ~ 2015 年的统计年鉴，相应年份的国民经济和社会发展统计公报、领导干部经济工作手册、环保局的环境统计公报以及国家城市统计年鉴、四川省统计年鉴等。

在核算总太阳能值时，为避免重复计算选取最大太阳能值——雨水化学能的太阳能值与地球旋转能的太阳能值之和得到。

3.2.1 南充市 2010 ~ 2014 年能值密度计算。按照能值投入分析表 1，可依次计算出 2010 ~ 2014 年南充市农业经济系统的总太阳能值，然后根据公式（2）计算南充市历年的年能值密度（如表 2）。

表 1 南充市农业生态经济系统 2014 年能值投入分析表

项目		原始数据 (j 或 g)	太阳能值转换率 (sej/j 或 sej/g)	太阳能值 (sej)
可更新环境资源	太阳能	4.7163E+19	1.0000E+00	4.7163E+19
	风能	2.3312E+15	1.4960E+03	3.4875E+18
	雨水化学能	6.8207E+16	1.5444E+04	1.0534E+21
	雨水势能	3.7142E+16	8.8880E+03	3.3012E+20
	地球旋转能	1.8092E+16	2.9000E+04	5.2466E+20
总太阳能值		雨水化学能 + 地球旋转能		1.5780E+21

表2 南充市 2010 ~ 2014 年能值密度

年份	总太阳能值 (sej)	能值密度 ($\text{sej/m}^2 \cdot \text{a}$)
2010	1.54155E+21	1.2355E+11
2011	1.45043E+21	1.1625E+11
2012	1.64377E+21	1.3174E+11
2013	1.42698E+21	1.1437E+11
2014	1.57804E+21	1.2648E+11

3.2.2 南充市农业生态经济系统改进的人均能值足迹。根据南充市农业生产的实际情况, 主要以以下农业产品为基础核算南充市历年的农业生态经济系统的人均太阳能值产出, 如表 3。

表3 南充市 2010 ~ 2014 年农业生态经济系统的人均太阳能值产出

项目	能量折算系数 ($\times 10^7 \text{ j/kg}$)	太阳能值转换率 ($\times 10^4 \text{ sej/j}$)	人均太阳能值 (sej/人)				
			2010	2011	2012	2013	2014
1.51	3.59	9.3157E+13	9.4115E+13	9.4461E+13	9.7240E+13	9.5423E+13	
小麦	1.63	6.80	9.7554E+13	1.0108E+14	1.0422E+14	1.0038E+14	1.0159E+14
玉米	1.65	5.81	9.0824E+13	9.4924E+13	9.4614E+13	9.8799E+13	9.6456E+13
豆类	1.84	69.00	2.8984E+14	2.9366E+14	3.0058E+14	3.0376E+14	3.0571E+14
薯类	0.23	0.27	5.0597E+11	5.0605E+11	5.1595E+11	5.2558E+11	5.1890E+11
棉花	1.88	190.00	1.1674E+13	1.0160E+13	9.8008E+12	8.0409E+12	7.7653E+12
油料	2.55	69.00	9.8879E+14	9.9475E+14	1.0130E+15	1.0299E+15	1.0577E+15
水果	0.33	53.00	1.3349E+14	1.3857E+14	1.4266E+14	1.4674E+14	1.5040E+14
2.00	170.00	2.3221E+15	2.2735E+15	2.3149E+15	2.3355E+15	2.3801E+15	
牛肉	2.09	317.00	1.5256E+14	1.4895E+14	1.4939E+14	1.5430E+14	1.6179E+14
羊肉	1.41	200.00	1.1286E+14	1.0851E+14	1.0836E+14	1.1509E+14	1.1840E+14
禽肉	0.54	200.00	1.0748E+14	1.1032E+14	1.1886E+14	1.3290E+14	1.3465E+14
禽蛋	0.84	200.00	4.9583E+14	5.0304E+14	5.1047E+14	5.1413E+14	5.1583E+14
奶类产品	0.32	171.00	2.8982E+13	2.8910E+13	2.8696E+13	2.8031E+13	2.6514E+13
2.18	6.80	2.5460E+12	2.4734E+12	2.8077E+12	3.4384E+12	3.8145E+12	
0.54	200.00	1.4755E+14	1.5465E+14	1.6079E+14	1.6739E+14	1.7307E+14	
农业人均总太阳能值产出			5.0757E+15	5.0581E+15	5.1541E+15	5.2362E+15	5.3297E+15

利用公式 (1) 计算得到南充市 2010-2014 年农业生态经济系统人均能值足迹 (见表 4 和图 1)。

表 4 南充市 2010 ~ 2014 年农业生态经济系统的人均能值
足迹

年份	农业人均总太阳能值产出 (sej/人)	人均能值足迹 ($\text{m}^2/\text{人}$)
2010	5.0757E+15	4.1082E+04
2011	5.0581E+15	4.3511E+04
2012	5.1541E+15	3.9122E+04
2013	5.2362E+15	4.5783E+04
2014	5.3297E+15	4.2140E+04

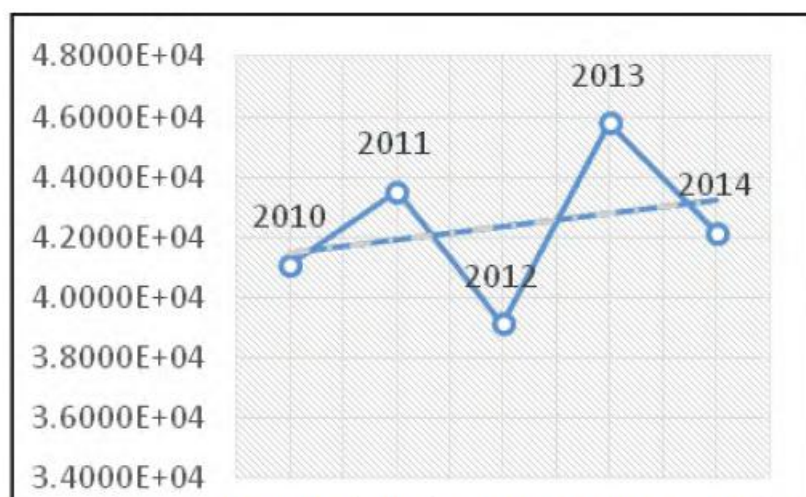


图 1 南充市历年农业生态经济系统的人均能值足迹曲线图

3.2.3 南充市农业生态经济系统改进的人均能值承载力。根据公式 (3) 计算得到南充市 2010 ~ 2014 年农业生态经济系统人均能值承载力 (见表 5 和图 2)。

表 5 南充市 2010 ~ 2015 年农业生态经济系统的人均能值承载力

年份	区域人均可用总太阳能值 (sej/人)	人均能值承载力 (m^2 /人)
2010	2.3322E+14	7.5135E+03
2011	2.3678E+14	7.6282E+03
2012	2.3679E+14	7.6287E+03
2013	2.3754E+14	7.6528E+03
2014	2.4915E+14	8.0266E+03

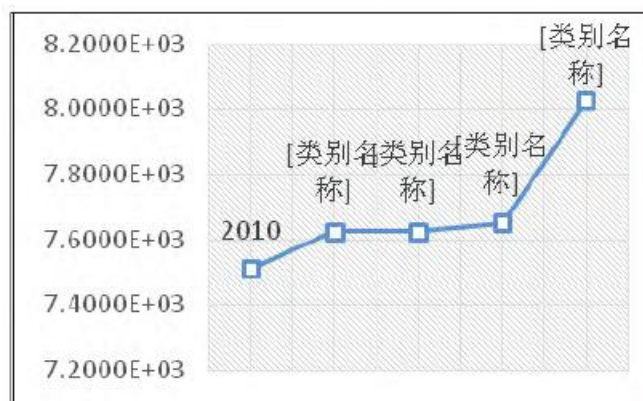


图 2 南充市历年农业生态经济系统的人均能值承载力曲线图

3.2.4 南充市农业生态经济系统可持续发展状况评价。将前述人均能值生态足迹和人均能值生态承载力进行比较以评价南充市近五年农业生态经济系统的可持续发展状况，如表 6 和图 3 所示。

表 6 南充市 2009 ~ 2013 年农业生态经济系统可持续发展
评价

年份	人均能值足迹	人均能值承载力	生态赤字 (能值足迹 - 能值承载力 > 0)
2009	4.1082E+04	7.5135E+03	3.3568E+04
2010	4.3511E+04	7.6282E+03	3.5883E+04
2011	3.9122E+04	7.6287E+03	3.1493E+04
2012	4.5783E+04	7.6528E+03	3.8131E+04
2013	4.2140E+04	8.0266E+03	3.4114E+04

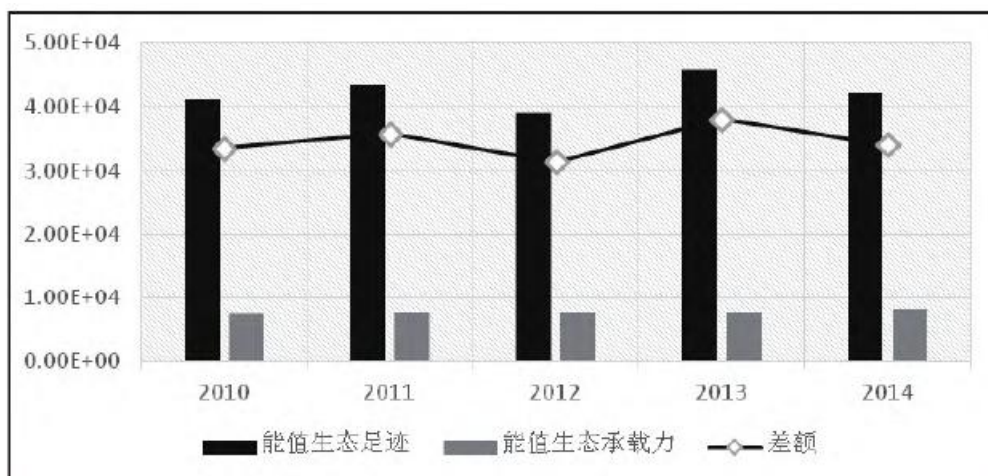


图 3 南充市 2010 ~ 2014 年农业生态经济系统可持续发展
状况分析图

3.3 小结

综上所述可知，一方面南充农业生态经济系统的能值足迹呈波动式变化，但从趋势线上看，其总体发展呈上升趋势。这说明南充市的农业系统还是一种粗放型的经济增长方式，农业特别是粮食的高产出主要依赖于生态资源的高投入和高耗费，对自然环境的依赖和破坏比较大。而另一方面南充市近五年农业生态系统的能值承载力总体也呈上升趋势。这说明南充市农业经济所依赖的自然资源和环境质量逐年得到改善，足见“十一五”、“十二五”期间南充的环境和生态保护工作成效显著。综合这两方面的变化可以得出结论：从 2010 到 2014 年南充市农业生态经济系统中的能值生态足迹远远大于能值生态承载力，故南充市的农业生态系统存在生态赤字，经济处于不可可持续发展的状态。

4 结论

由于传统生态足迹模型中使用的全球土地平均生产力、全球土地产量等因子存在生态偏向性，难以体现区域生态经济发展的特性等问题，使其计算的结果存在较大的误差。本文针对这一不足，采用生态足迹模型的改进方法——能值足迹模型对南充市农业生态经济的可持续发展状况进行研究。结果显示，南充市农业生态经济处于不可持续发展状况，加强该地区的农业生态环境保护 and 治理刻不容缓。

参考文献:

- [1] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] Yang Yu. Research on Sustainable Development of Agricultural Eco Economy in Nanchong City Based on the Improved Emery Footprint Model[J]. Gummi Fasern Kunststoffe, 2016, 69 (13) : 84-90.
- [3] S Zhao, Z Li, W Li. A modified method of ecological footprint calculation and its application[J]. Ecological Modelling, 2005, 185 (1) : 65-75.
- [4] HT Odum. Self-Organization, Transformity, and Information[J]. Science, 1988, 242 (4882) : 1132-9.
- [5] 王丽. 基于生态足迹模型的重庆三峡库区的可持续发展研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [6] 曾晓霞, 刘云国, 黄磊, 胡新将, 等. 基于能值定理的生态足迹模型修正研究[J]. 中国环境科学, 2015, 35 (1) : 312-320.
- [7] 隋春花, 张耀辉, 蓝盛芳. 环境-经济系统能值 (Emery) 评价[J]. 重庆环境科学, 1999, 21 (1) : 18-20.
- [8] 闻大中. 再论农业生态系统能流研究方法[J]. 生态与农村环境学报, 1987 (1) : 63-68.
- [9] 张凡, 杨松, 赵靖明, 等. 中国农业生态经济可持续发展分析[J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2011, 36 (3) : 217-223.