

陕西省水资源空间匹配的基尼系数分析

Gini Coefficient Analysis of Spatial Matching of Water Resources in Shanxi Province

冯颖

FENG Ying

1. 西北政法大学商学院 西安 710122
2. 资源冲突与利用研究所 西安 710122
1. Business School of Northwest University of Political Science and Law, Xi'an 710122, China.
2. Institute of Resource Conflict and Utilization, Xi'an 710122, China

作者简介：冯颖（1984年11月-）女，汉族，管理学博士，陕西西乡人，西北政法大学商学院讲师，资源冲突与利用研究所副所长，研究方向为资源经济与环境管理。

基金项目：陕西省社会科学基金：陕西省城市水污染治理效率评价及提升路径研究（2015D064）；西安市软科学项目：西安市中水回用调查与对策研究（SF1505）；西北政法大学青年学术创新基金。

【摘要】 不均衡的水资源空间分布对区域社会经济的可持续发展产生制约的负面影响。论文根据陕西省2009-2015年水资源与主要社会经济发展要素的统计数据，运用洛伦兹曲线和基尼系数方法构建了陕西省水资源与各指标的空间匹配模型，得出陕西省水资源与耕地、人口及GDP要素分别呈现高度不均衡、较为均衡和严重不均衡状态。优化陕西省水资源空间分布，应注重加大支持陕南地区的低碳经济发展及生态补偿，并根据各区域资源禀赋，优化产业结构，合理产业布局，提高陕西省水资源的有效利用率。

【Abstract】 The unbalanced spatial distribution of water resources has a negative influence on the sustainable development of regional social and economic. Based on the statistical data of water resources and main social and economic development factors of Shanxi province in 2009-2015 years, the spatial matching model of water resources and indexes in Shanxi was constructed by using Lorenz curve and Gini coefficient method. The results show that the water resources, cultivated land, population and GDP elements in Shaanxi are highly unbalanced, balanced and seriously unbalanced. In order to optimize the spatial distribution of water resources in Shanxi province, we should focus on increasing the development of low carbon economy and ecological compensation support in the southern area of Shanxi Province, and improve the effective utilization rate of water resources in Shanxi province according to the regional resources, optimize the industrial structure, reasonable industrial layout.

【关键词】 基尼系数；水资源空间分布；洛伦兹曲线

【Keywords】 Gini coefficient; water resources; spatial distribution; Lorenz curve

1 引言

区域水资源作为最基本的自然资源，其丰裕程度对区域经济发展、人类社会生活布局、区域生态环境质量有着重大的影响^[1]，不均衡的水资源空间分布对区域社会经济的可持续发展产生制约的负面影响^[2-5]。陕西省具有丰富的自然资源，是我国重要的能源、原材料工业战略基地，已形成了较完备的工业体系，并且地处于西部与中东部的结合部，具有良好的对外开放前景，在国家西部大开发战略中占有重要地位，开发潜力较大。但陕西地处我国内陆腹地，气候干旱，根据《陕西省水资源公报》，截至2015年年末，陕西省水资源总量约为333.43亿立方米，仅占全国水资源总量28306亿立方米的1.18%；陕西省人均水资源量907.54m³/人，为全国人均水平2080.22m³的43.63%，未能达到国际公认人均1000m³的最低需求线，是典型的资源型缺水地区。陕西水资源不仅总量有限，而且地域分布极不均衡。截至2015年年底，陕西省关中、陕北、陕南三大区域中，关中、陕北两大地区，占全省65%的国土面积、78%的人口、87%的经济总量，水资源总量仅占全省的30%；陕南

地区占全省经济总量的13%，水资源总量占全省的70%相对丰富。可见，陕西省三大区域水资源禀赋与社会经济发展需求不一致，该省水资源供需矛盾突出。公平合理的水资源空间分布是区域社会经济生态全面可持续发展的前提，优化陕西省水资源空间配置，关系着陕西省社会经济生态的协调发展以及西部大开发战略的稳步推进。定量分析与准确评估陕西省水资源空间分布与社会经济发展要素的匹配程度，是陕西省水资源空间优化配置的理论依据。

洛伦兹曲线和基尼系数是最早应用于测度收入分配均衡程度的重要方法。水资源空间分配的均衡程度测量，在数学规律与计算收入分配的均衡性比较相似。因此，该方法为水土资源在区域空间的均衡性评价和区域生态安全提供了新的视角^[4]，近年来被学者们引入到土地利用结构评价^[6-7]、水资源利用结构评价及水土资源匹配程度评价中。相关研究如下，魏寿煜和谢世友（2015）运用该方法构建水资源与耕地面积、人口数量及第二产业的空间匹配模型，发现水资源与耕地面积匹配较为合理；水资源与人口、第二产业均为高度不均衡^[8]；马慧敏和武鹏林（2014）采用该

区域发展 Regional Development

方法对山西省水资源与耕地、区域GDP及人口的匹配性进行了测算，发现水资源与上述三个因素分别处于高度平均、相对平均和比较合理的水平^[2]；徐玉霞（2012）对宝鸡市12区、县水资源与耕地、GDP和人口布局的空间匹配程度分析发现，宝鸡市水资源与耕地资源匹配较高，而与GDP和人口分布匹配极不平衡^[3]；陶国芳等（2012）通过构建区域基尼系数对通化地区水土资源匹配状况做出客观评价，发现其水土资源匹配程度比我国和世界平均水平略高^[9]；史兴民和温文娟（2010）采用该方法，量化分析了陕西省水资源与耕地资源、GDP和人口布局的匹配程度以确保区域经济发展中的生态安全^[10]；姜宁和付强（2010）分析得出黑龙江省水资源空间匹配程度处于极差或较差程度^[11]；褚玉楠（2009）对青海省水资源总量和生产、生活用水量之间的基尼系数进行了计算以考察该地区水资源供需的匹配程度^[12]；鲍文和陈国阶（2008）参照该方法，得出了四川省水资源与耕地、GDP和人口分布极不平衡的结果^[4]；王康等（2008）分析得出甘肃省水资源空间匹配程度极差^[13]。以上分析中，洛伦兹曲线与基尼系数都有效准确地解释的水资源现状及规律。目前关于陕西省水资源空间匹配状况仅停留在对2004年相关指标的分析^[10]，以及水资源的开发利用定量分析^[14-16]。本文针对陕西省水资源的基本情况，采用洛伦兹曲线及基尼系数方法，构建陕西省各市区2009-2015年的水资源空间匹配模型，以准确的把握陕西省水资源分布与各经济发展要素在空间上的公平性与合理性，为合理有效地开发利用水资源，解决水问题提供科学依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 基尼系数

美国经济统计学家洛伦兹1905年提出洛伦兹曲线，用以比较和分析一个国家在不同时期或不同国家在同一时期的财富不平等现象。其数学表达式如下^[17]：

$$L(y) = \frac{\int_0^y x dF(x)}{\mu} \quad (1)$$

式（1）中， $F(x)$ 为有序个体的累计分布函数； μ 为一个均值。

洛伦兹曲线如图1所示，横坐标为按收入从低到高分组后所得的累积人口百分比，纵坐标为累积收入百分比。 $y=f(x)$ 曲线内凹的弯曲程度表示收入分配的均衡性水平； $y=x$ 线为一条绝对均匀线，当 $y=f(x)$ 曲线越靠近 $y=x$ 绝对均匀线，说明地区间收入差距越小，财富分配越均衡；反之，则表示地区间收入差距越大，财富分配差异也越大^[6, 17, 18]。

洛伦兹曲线可直观表示出财富分配的均等化程度，但无法定量描述均等程度。1922年意大利经济学家基尼提出计算收入分配差异水平的基尼系数，其值在0-1之间^[19]。

该系数可通过洛伦兹曲线图中绝对均匀线与洛伦兹曲线之间的面积 A 和绝对均匀线与横坐标围成的三角形面积 $(A+B)$ 之比的 G 来表示，计算公式为：

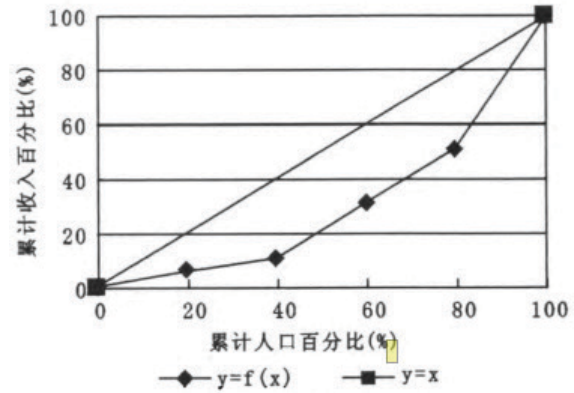


图1 洛伦兹曲线

$$G = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx \quad (2)$$

式（2）中， G 为基尼系数， $f(x)$ 为洛伦兹曲线方程。 G 越大，表示财富分配越不平均；反之，则越平均。

根据联合国有关规定，基尼系数评价结果示意如表1所示，其中，国际公认的警戒线为0.4，其警示意义不容忽视^[4]。结合基尼系数，可在洛伦兹曲线中直观显示水资源与各社会经济发展要素的空间匹配状况。

表1 基尼系数与评价结果之间的关系

基尼系数	0.2-	0.3-	0.4-	>0.5
评价	绝对	比较	相对	差距
结果	平均	平均	合理	较大
			较大	悬殊

基尼系数有很多种计算方法^[20-21]，本文根据梯形面积法^[22, 4]，计算如下：

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1})(Y_i + Y_{i-1}) \quad (3)$$

式（3）中， X_i 为各市区水资源量累计百分比，%； Y_i 为各市区社会经济要素的累计百分比，%。本文研究陕西省用水结构，故选择陕西省下辖的11市区（未单列韩城市）进行分析，则 i 为整数从1到11取值，当 $i=1$ 时， (X_{i-1}, Y_{i-1}) 视为 $(0, 0)$ 。

2.2 要素选取及数据来源

本文以陕西省下辖各市区为评价对象，采用人口数量、耕地面积、生产总值（GDP）为主要的社会经济发展指标，用以评价水资源空间分布的均衡性并考察水资源与社会经济发展的匹配情况。

本文所采用的数据来源于2010年-2016年间的《中国统计年鉴》、《陕西省统计年鉴》、《陕西省水资源公报》等，为确保数据的真实可靠及连续一致性从而进行时间及空间的比较研究，本文选取陕西省下辖11市区进行评价，其中韩城市为渭南市下辖的地级市，该部分数据已包含在渭南市相关指标中，研究时间跨度为2009年-2015年。

由于缺乏2015年陕西省各地市耕地面积指标，且以前年度耕地面积的波动未呈现一致的规律性，因而2015年各地市的耕地面积指标仍然采用的2014年度对应数据。就2015年各地市的人口指标，根据以前年度各地市人口变化规律

求出年度平均增长率，估算得到2015年数据。

3 基于水资源的陕西省生态安全基尼系数计算

3.1 基尼系数构建

分析陕西省2009-2015年间水资源利用与社会经济发展不同指标的匹配程度，从而为陕西省社会经济生态的可持续发展提出建议。

①分别计算陕西省11个市区各年份水资源及社会经济指标平均值，以单位水资源下的社会经济指标为匹配分级指标，并由低到高对各市区进行排序。

②分别测算各市区多年水资源平均量占全省指标的比重 P_{1i} ($i=1,2,\dots,n$) 及各市区社会经济指标平均量占全省指标的比重 P_{2i} ($i=1,2,\dots,n$)；然后，测算各市区水资源量比例的累计百分比 X_i ($i=1,2,\dots,n$)，以及各市区社会经济指标比例的累计百分比 Y_i ($i=1,2,\dots,n$)。

$$X_i = \sum_{j=1}^i P_{1j}$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^i P_{2j}$$

式中，n为行政区域的个数，i为序号。

③根据基尼系数计算方法，分别测算水资源与三大社会经济要素指标的基尼系数数值。

3.2 基尼系数计算

根据以上步骤，根据历年陕西省统计年鉴、中国统计年鉴以及陕西省水资源公报，统计出陕西省各市区2009-2015年水资源量、耕地面积、人口数量以及GDP数据，对历年数据根据年份进行平均（见下表2、表3及表4），即采用2009-2015年间陕西省平均水资源量、平均耕地面积、平均人口数量以及平均GDP值，分别构建多年水资源平均量与三大社会经济指标的空间洛伦兹曲线，从而计算基尼系数（见表5）。

表2 陕西省2009-2015年平均水资源与耕地面积

地区	水资源量	耕地面积	水资源占全	耕地占全省累
	亿 m^3	千公顷	省累计比重%	计比重%
杨凌示范区	0.15	5.72	0.03%	0.20%
铜川市	2.96	63.98	0.71%	2.44%
商洛市	46.69	133.18	11.40%	7.10%
安康市	109.84	197.14	36.54%	14.01%
汉中市	164.03	204.74	74.09%	21.18%
延安市	12.60	239.14	76.98%	29.55%
西安市	24.91	247.64	82.68%	38.22%
宝鸡市	37.53	302.16	91.27%	48.80%
咸阳市	6.38	357.78	92.73%	61.33%
渭南市	11.20	518.94	95.29%	79.50%
榆林市	20.56	585.49	100.00%	100.00%

表3 陕西省2009-2015年多年平均水资源与人口

地区	水资源量亿	人口	水资源占全省	人口占全省
	m^3	万人	累积比重%	累积比重%
杨凌示范区	0.15	20.19	0.03%	0.54%
铜川市	2.96	83.92	0.71%	2.78%
延安市	12.60	219.53	3.60%	8.63%
商洛市	46.69	234.40	14.28%	14.88%

安康市	109.84	263.45	39.43%	21.91%
榆林市	20.56	336.06	44.13%	30.87%
汉中市	164.03	342.14	81.68%	40.00%
宝鸡市	37.53	373.20	90.27%	49.95%
咸阳市	6.38	491.99	91.73%	63.07%
渭南市	11.20	531.35	94.30%	77.24%
西安市	24.91	853.18	100.00%	100.00%

表4 陕西省2009-2015年多年平均水资源与GDP

地区	水资源	生产总值	水资源占全省	GDP占全省
	量亿 m^3	亿元	累积比重%	累积比重%
杨凌示范区	0.15	71.92	0.03%	0.51%
铜川市	2.96	268.46	0.71%	2.40%
商洛市	46.69	431.61	11.40%	5.44%
安康市	109.84	505.03	36.54%	9.00%
汉中市	164.03	760.98	74.09%	14.37%
渭南市	11.20	1146.65	76.66%	22.45%
延安市	12.60	1202.00	79.54%	40.39%
宝鸡市	37.53	1343.00	88.13%	40.39%
咸阳市	6.38	1595.84	89.59%	51.64%
榆林市	20.56	2483.77	94.30%	69.14%
西安市	24.91	4377.60	100.00%	100.00%

表5 陕西省水资源空间匹配结果

匹配指标名称	基尼系数	评价结果
水资源与耕地面积	0.54	差距悬殊
水资源与人口数量	0.36	相对合理
水资源与GDP	0.6	差距悬殊

4 结果分析

4.1 水资源与耕地空间匹配分析

根据联合国就基尼系数的区段划分规定以及表2和表5可见，陕西省水资源与耕地基尼系数计算结果 $G=0.54$ ，说明了陕西省水资源量与耕地资源匹配程度高度不均衡，二者差距悬殊，超过了0.4的警戒线。

显著的不平衡表现在如陕南地区的商洛市、安康市及汉中市水资源较为丰富，水资源比重占陕西省水资源总量分别为10.69%、25.14%及37.55%，但耕地面积仅占陕西省耕地总面积的4.66%、6.90%及7.17%。而耕地资源较丰富的陕北地区，如榆林市，关中地区，如渭南市、咸阳市和宝鸡市，耕地面积占陕西省总耕地面积的20.50%、18.17%、12.53%及10.58%，其水资源却非常匮乏，分别仅占陕西省水资源总量的4.17%、2.56%、1.46%及8.59%，表现出水资源量与耕地面积不均衡的匹配状态，个别区域更为严重。

4.2 水资源与人口资源空间匹配分析

根据表3及表5，陕西省水资源量与人口基尼系数计算结果为 $G=0.36$ ，可见，陕西省水资源量与人口数量匹配程度比较均衡，说明了在现有的水资源情况下，陕西省水资源量与人口分布比较合理，当然也有部分地区呈现出不均衡的状态，如关中地区的西安市人口数量占陕西省人口比重高达22.76%，但其水资源仅占全省总量的5.7%；渭南市人

区域发展 Regional Development

口数量占陕西省人口比重较高,为14.17%,但其水资源仅占全省总量的2.56%;咸阳市人口数量占陕西省人口比重为13.12%,但其水资源占全省总量比重非常低,仅为1.46%,这些地区的水资源极为紧张。而陕南地区的汉中市水资源占全省总量比重高达37.55%,占有水资源非常丰富,但其人口比重占全省人口总量的9.13%;安康市水资源占全省水资源总量的25.14%,但其人口比重偏低,占全省人口总量的7.03%;商洛市水资源占全省水资源总量的10.69%,其人口比重也较低,占全省人口总量的6.25%。

4.3 水资源与 GDP 资源空间匹配分析

根据表4,表5,陕西省水资源量与GDP基尼系数计算结果为 $G=0.60$,表明陕西省水资源量与GDP产值匹配程度严重不均衡,远超警戒线,应引起重视。通过分析可知,陕西省多个区域出现了水资源难以满足经济发展的局面。

如关中地区的西安市GDP占全省GDP比重高达30.86%,但其水资源量仅占全省总量的5.7%;咸阳市GDP占全省GDP总值比重为11.25%,但其水资源量仅占全省水资源总量的1.46%;陕北地区的榆林市GDP占全省GDP总量的17.51%,但其水资源量仅占全省总量的4.71%;而一些水资源较丰富的地区,如陕南地区的汉中市水资源量占全省水资源总量的37.55%,但其GDP产值仅占全省GDP总量的5.36%;安康市的水资源量占全省水资源总量的25.14%,但其GDP产值仅占全省GDP总量的3.56%;商洛市的水资源占全省水资源总量的10.69%,但其GDP产值仅占全省GDP总量的3.04%。主要原因在于,陕南地区被纳入南水北调工程水资源涵养区,由于严格的环境保护要求,产业发展受到较大限制。陕北地区由于大规模开发,给当地造成了较严重的环境破坏,导致空气质量恶化、土地污染、水资源短缺等问题越发突出。陕西省政府在“十二五”规划中提出了陕南循环,陕北持续发展的指导思想,但在环境保护的约束中寻求发展路径,尤其是基础较差、资源开采受到限制的陕南地区,仍然显得非常艰难,表现出水资源与经济发展的不均衡。

5 结论

①本研究采用洛伦兹曲线和基尼系数对陕西省水资源与三大社会经济指标进行了分析,发现陕西省水资源与耕地指标之间的匹配高度不均衡,与人口指标之间匹配较均衡,与GDP指标间匹配严重不均衡,即陕西省水资源的空间匹配差距悬殊,意味着陕西省的水资源配置需要进一步优化。

②水资源丰富的陕南地区,经济增长缓慢。陕南地区的商洛市、安康市及汉中市水资源较丰富,水资源比重占陕西省水资源总量超过70%,但其GDP不到陕西省总量的12%。

作为南水北调的水资源涵养区,陕南地区为全国及陕西省水资源安全做出了重大贡献,对陕西省关中地区社会经济发展和全国水资源战略发挥了重要作用。因此,加大对陕南地区的低碳经济发展的支撑力度、促进陕南富水地区经济的腾飞以及对陕南地区进行生态补偿十分有必要。

③由洛伦兹曲线构建的水资源空间匹配模型可以客观准确地测算水资源与其他社会经济指标之间的配置情况,为优化配置水资源奠定了理论基础。

给予水资源的安全性,陕西省今后的发展中应充分考虑各地的资源优势,优化产业结构和产业布局,提高水资源的使用效率,促使水资源开发利用由“水瓶颈”向“水支撑”转变,促进陕西省经济、资源和水环境的协调发展。

参考文献:

- [1] 王志彬,迟超楠.陕西省水土资源对经济增长的阻尼效应分析[J].东北农业大学学报(社会科学版),2015,13(6):26-32.
- [2] 马慧敏,武鹏林.基于基尼系数的山西省水资源空间匹配度分析[J].人民黄河,2014(11):58-61.
- [3] 徐玉霞.宝鸡市12区县水资源生态安全基尼系数分析[J].干旱地区农业研究,2012,35(5):175-179.
- [4] 鲍文,陈国阶.基于水资源的四川生态安全基尼系数分析[J].中国人口·资源与环境,2008,18(4):35-37.
- [5] 刘洋,金凤君,甘红.区域水资源空间匹配分析[J].辽宁工程技术大学学报,2005,24(5):657-660.
- [6] 潘竞虎,石培基.基于洛伦兹曲线和分形的甘肃省土地利用空间结构分析[J].农业系统科学与综合研究,2008,(2):252-256.
- [7] 吴婷婷,刘学录.甘肃省庄浪县土地利用结构动态变化研究[J].西南农业大学学报,2015,30(1):112-118.
- [8] 魏寿煜,谢世友.基于基尼系数和洛伦兹曲线的重庆市水资源空间匹配分析[J].中国农村水利水电,2015(2):56-59,73.
- [9] 陶国芳,蒋兆恒,秦丽.基于基尼系数的通化地区水土资源匹配分析[J].中国农业资源与区划,2012,33(4):67-71.
- [10] 史兴民,温文娟.基于水资源的陕西生态安全基尼系数分析[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):233-236.
- [11] 姜宁,付强.基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J].东北农业大学学报,2010,41(5):56-60.
- [12] 褚玉楠.青海省水资源供需匹配度的基尼系数分析[J].经济论坛,2009(21):8-80.
- [13] 王康,钟敬,李玉文.甘肃省水资源空间匹配分析[J].中国农村水利水电,2008(10):21-23.
- [14] 马亚峰.陕西省水资源及其开发利用现状分析[J].地下水,2012,34(5):125-127.
- [15] 赵静,王义民,刘登峰.陕西省水资源开发利用战略研究[J].陕西水利,2014(3):53-53.
- [16] 员学锋,汪有科,吴普特,冯浩.陕西省水资源态势及可持续利用策略[J].旱区研究,2005,22(4):448-453.
- [17] Lorenz M O. Methods for Measuring the Concentration of Wealth [J]. American Statistics Association, 1905, 70(9): 209-219.
- [18] 秦劲松,肖加元.我国地方税税负差异测度及其影响因素实证研究[J].中央财经大学学报,2011,(5):6-11.
- [19] Barrett C R, Salles M. On a generalization of the Gini Coefficient [J]. Mathematical Social Science, 1995, 30(3): 235-244.
- [20] 云逸,邹志红,王慧文.北京市用水结构与产业结构的成分数据回归分析[J].系统工程,2008,26(4):67-71.
- [21] 刘欢,左其亭.基于洛伦兹曲线和基尼系数的郑州市用水结构分析[J].资源科学,2014,(1):2013-2019.
- [22] 吴悦颖,李云生,刘伟江.基于公平性的水污染物总量分配评估方法研究[J].环境科学研究,2006,19(2):66-70.