

基于信息熵和数据包络分析的重庆市县域土地利用结构评价^①

谢贤健

(内江师范学院地理与资源科学学院, 四川内江 641000)

摘要: 土地利用结构是国民经济结构在土地利用上的具体表现, 通过土地利用结构评价可提高土地利用效益及功能。以 GIS 技术为平台, 采用信息熵理论和数据包络分析方法, 选取重庆市 38 个县区为研究对象, 从有序性和效率两个方面分析评价了重庆市的土地利用结构状况。结果表明: 重庆市各县区土地利用结构的有序度存在显著的空间差异, 有序度高低与区域内用地密切相关; 土地利用效率在空间上也存在明显的差异化, 20 个县区综合效率、技术效率、规模效率为 1 或接近于 1, 表明重庆市各县区土地利用结构相对合理, 各项土地利用效率较好, 土地利用比较有序。

关键词: 土地利用结构; 信息熵; 数据包络分析; 重庆市

中图分类号: F031

土地利用结构是土地利用类型在某一区域内质与量的对比关系及其构成的空间组合形式^[1], 反映了某一地区土地利用程度的合理性及生产结构特点^[2]。一个地区土地利用状况及其地域结构能在很大程度上反映该地区的自然资源条件及社会经济的发展状况和结构^[3-4]。土地利用结构评价是为了达到一定的生态经济最优目标, 对区域内土地资源的各种利用类型数量安排和空间布局的合理性进行评价, 以提高土地利用效率和效益, 实现土地资源的可持续利用^[5-6]。土地利用系统是典型的经济-社会-环境复合系统, 是一个具有耗散结构的复杂巨系统, 具有结构和功能的有序性特征^[7], 信息熵可以用来描述土地利用结构系统的均质性和有序度^[8]。众多学者逐渐将系统论中的信息熵理论运用到区域土地利用结构变化的研究中, 以揭示土地利用结构变化特征^[9-11]。然而, 土地利用结构信息熵对土地利用系统有序度性的刻画和描述具有宏观性, 在针对具体的区域时, 应参考区域自身的土地资源、自然条件及社会经济条件等特点进行土地利用结构的评价^[12]。杨东等^[13]采用改进的 TOPSIS 法以及灰色关联度分析, 对兰州市土地利用结构进行了综合评价; 武启祥等^[14]利用遗传变异模型, 以土地利用类型为模型变量, 以区域总面积、经济、社会发展状况为约束条件, 分析了县域土

地利用结构与效益之间的关系; 张明等^[15]以环渤海地区为例, 应用相关分析法分析-判别土地利用类型分布与其影响因子之间的相关关系; 解修平等^[16]通过遥感与 GIS 技术, 结合景观生态学理论和马尔可夫过程, 深入分析了西安地区土地利用变化的数量和空间特征以及由此所引起的一系列生态环境效应; 罗昀等^[17]利用灰色系统动态模型分析了原锡山市土地利用结构的多样化和集中化趋势, 预测了未来土地利用结构的变化趋势; 此外, 一些学者如张群等^[18]、郑新奇等^[19]、许建伟等^[20]利用数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 的方法研究了不同区域的土地利用结构效率, 为研究区土地结构优化提出了可参考的依据。总体来看, 土地利用结构评价的方法主要为多元指标综合评价, 这些方法在权重设定时常带有一定的主观性^[21], 变量与自变量函数关系的确定方面也存在局限性。土地利用是一个复杂的系统, 李郁等^[22]指出 DEA 特别适合复杂经济体的效率评价, 避免了在统计意义上确定指标权重带来的主观性, 同时无需设定输入与输出的具体函数, 不必计算统计投入量和综合产出量, 避免各指标量纲不一致带来的度量困难, 在处理多投入、多产出的问题上具有特别的优势。

本研究以重庆市为例, 综合采用信息熵和多指标

基金项目: 四川省哲学社会科学重点研究基地——西部交通战略与区域发展研究中心项目、西南交通大学中央高校基本科研业务费项目(XJQ004)及四川省教育厅科研创新团队基金项目(14TD0026)资助。

作者简介: 谢贤健(1978—), 男, 博士, 副教授, 主要从事区域地理、区域可持续发展研究。E-mail: xxj007-14@tom.com

数据包络分析方法理论,对重庆市 38 个县区土地利用结构有序性和土地利用效率进行定量分析,评价重庆市各县区的土地利用效率,指出各县区土地利用结构优化方向,以期土地利用结构合理化调整提供参考。

1 研究区概况、数据来源及研究方法

1.1 研究区概况

重庆位于 $28^{\circ}10' \sim 32^{\circ}13'N$, $105^{\circ}11' \sim 110^{\circ}11'E$, 土地面积 8.24 万 km^2 , 地处较为发达的东部地区和资源丰富的西部地区的结合部,东邻湖北、湖南,南靠贵州,西接四川,北连陕西,是西南工商业重镇和水陆交通枢纽。2013 年全市共辖 38 个县区,常住人口 2 970 万,城镇化率 58.34%。2013 年地区生产总值 12 656.69 亿元,其中,第一产业值 1 002.68 亿元,第二产业值 6 397.92 亿元,第三产业值 5 256.09 亿元,三次产业结构比为 7.9 : 50.5 : 41.6。

1.2 数据来源

土地利用数据通过解译 2013 年重庆市各县区 TM 影像图获取,并参照《土地利用现状分类》和《土地利用现状调查技术规程》国家标准^[23]得到统一口径的 8 大地类土地利用数据,再将 8 大地类土地利用数据合并为农用地、建设用地、其他土地利用 3 大类型,见图 1。社会经济数据来自 2014 年重庆市各县区社会经济统计年鉴。

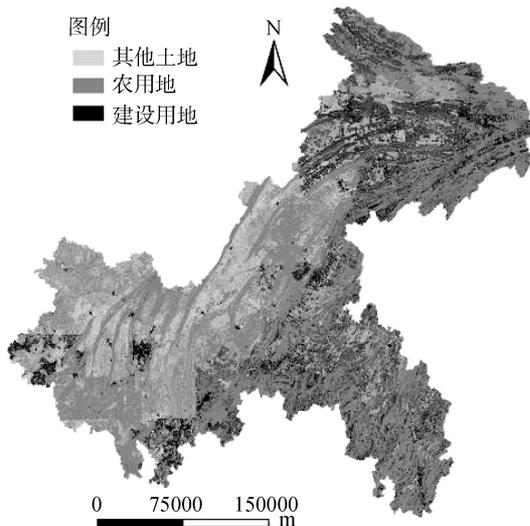


图 1 重庆市土地利用类型图
Fig. 1 Land use types in Chongqing City

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用结构信息熵模型 信息熵原是一个物理学的概念,用来测度系统的复杂性和均衡性^[24],一般信息熵值越高,其系统有序度越低,系统

越紊乱。土地利用结构信息熵可以综合地反映一定时期研究区域内各种土地利用类型的动态变化以及转化的程度,对优化和调整区域土地利用结构具有一定指导作用。

事件发生的不确定性是由它发生的概率来描述的,土地利用类型在该区域土地中出现的比例相当于信息熵中事件发生的概率,假设某一区域的土地总面积为 S ,共有 n 种土地利用类型,某种土地利用类型面积为 S_i ,则有:

$$\sum_{i=1}^n S_i = S \quad (1)$$

设每种土地利用类型面积占区域土地总面积比例为 P_i ,则:

$$P_i = \frac{S_i}{S} = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (2)$$

土地利用类型的面积比例反映了该类型土地在区域中出现的可能性,可以看作信息熵中的取值概率,显然: $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ 。根据信息熵基本原理,结合申农指数,本研究定义土地利用结构信息熵(H)的计算公式为:

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (3)$$

信息熵 H 可用来表示系统的复杂性和均衡性,在本文用来描述一个区域土地利用类型的复杂程度。假如某区域的土地利用类型有 n 种,当该区域处于未开发时,其值为 0,即 $H_{\min} = 0$;相反,当区域各种土地类型已趋于稳定、均匀,且满足熵值最大化条件时,即 $S_1 = S_2 = \dots = S_i = S/n$ 时,则 $S_i = 1/n (i = 1, 2, \dots, n)$,此时该区域熵值最大,有 $H_{\max} = \ln(n)$ 。根据以上分析可知,当区域内土地利用类型越多,各种类型土地面积越接近时,则熵值越大。

1.3.2 土地利用结构均衡度与集中度 基于信息熵的研究本身存在一些缺陷和不足,造成不同阶段的数值可比性不强。为进一步提高研究的精确性,本文在信息熵的基础上继续引入集中度和均衡度两个概念。土地利用结构均衡度的计算公式为:

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = -\frac{\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i}{\ln n} \quad (4)$$

式中: H_{\max} 是最大信息熵值, J 为均衡度,是实际信息熵与最大信息熵的比值。均衡度值越大表示土地利用均衡度越高,反之亦然。当 $J=1$ 时,土地利用均衡度最大;当 $J=0$ 时,土地利用均衡度效果最差。

土地利用集中度计算公式为：

$$I = 1 - J \quad (5)$$

式中： I 表示优势度，是实际信息熵增量与最大信息熵增量之比，与均衡度的意义相反，用来表示土地利用的集中度，反映了区域内一种或几种占优势的土地利用类型支配该区域土地的程度。

1.3.3 土地利用结构数据包络分析模型 数据包络分析(DEA)是著名运筹学家 Charnes A. 和 Cooper W.W. 在相对效率评价概念的基础上发展起来的一种系统分析方法。DEA 是衡量相对效率的一种重要而有效的方法，其通过线性规划处理多投入产出变量的效率计算，并组合效率相对有效的同类型评价单元(DMU)形成效率前沿，从而进一步分析计算效率较差的 DMU 的效率优化空间，尤其适用于对多投入、多产出的复杂系统的效率评价单元之间的相对效率进行评价。 C^2R 模型是数据包络分析的基本模型，本文采用的是具有非 Archimedes 无穷小量的 DEA 模型(DC^2R)。

$$\begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = \theta y_0 \\ s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0 \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (6)$$

相关详细的统计学原理在很多文献中已有描述^[25]，本文不在赘述。数据包络分析模型将参与决策的“单位”或“部门”当作决策单元(DMU)，每个 DMU 有 m 项投入 $\chi_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$ 和 s 项产出 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ ，其中， θ 为评价单元 DMU 的有效值。 θ 值越接近 1，则表示这个决策单元的投入或者产出越有效，投入过剩与产出不足分别用松弛变量 s^- 和 s^+ 来表示，通过投入剩余率和产出不足率反映非 DEM 有效单元的可改进程度。

2 结果与分析

2.1 土地利用结构有序性评价

2.1.1 数据整理 对研究区遥感影像采用基于支持向量机的监督分类，进行土地利用信息提取。根据影像分辨率和研究区状况，并参照相关分类标准(基于中分辨率卫星影像的“国家级土地利用与覆被分类系统”，按照 I 级类进行土地利用类型划分)。统计出 2013 年重庆市土地利用结构状况(表 1)。根据信息熵的计算公式，本文综合信息熵、均衡度、优势度 3 项指标，从宏观上分析了重庆市各县区土地利用结构有序性与均衡度。

2.1.2 信息熵和优势度分析 信息熵可以描述土地利用结构的有序程度，信息熵越大，表示土地利用结构的系统有序度越低，反之，有序度越高。即各县区内不同土地利用类型的面积相差越小，则熵值越大，均衡度越高；反之，则说明县区内主要为一种或几种土地利用类型起支配作用，优势度则高。从表 1 和图 2 可以看出，重庆市各县区土地利用结构的有序度存在显著的空间差异；大致规律表现为信息熵越高的区域，土地利用结构的优势度则越低；换言之，在土地利用熵值高的区域土地利用的类型较多且各类型的面积较为一致，县区内土地利用结构的有序性为几种用地类型的各自均衡带来的相对有序；土地利用熵值低的区域土地利用的类型单一且各类型的面积分布不均衡，从而导致各县区内土地利用结构的有序性主要为一种或少数土地利用类型起支配作用，这与张群等^[25]的研究结论相一致。具体来看，重庆市土地利用结构有序度高低与区域内用地呈密切关系，主要表现为 2 大板块：

重庆市土地利用信息熵较高、优势度较低区域有沙坪坝区、荣县、綦江县、开县、大足区、江北区、云阳县、城口县、九龙坡区、万州区、石柱县、大渡口区、南岸区、彭水县、巫溪县、璧山县 16 个区县，在空间上主要集中分布于西南部和东部、北部部分区县；另 22 个县区信息熵较低、优势度较高，集中分布在中部、东北、东南部的部分区县。

将土地利用信息熵的空间格局分布图与土地利用多样化空间格局分布图进行比较发现，土地利用信息熵高的区域，土地利用类型多样，在这些区域建设用地、农用地、其他土地交错分布，空间上分布相对均匀，形成了上述县区土地利用结构优势度不明显，有序度低。另 22 个县区中，主要的土地利用类型为 3 大用地中的一种或者两种，土地利用类型单一，县区内主要为一种或两种土地利用类型起支配作用，优势度则高，有序度高。由此可知，区域土地的多样化程度越高、土地类型越齐全，土地利用结构受人类活动的影响机率就越大、影响程度就越高，土地利用结构系统就越趋向无序状态；相反，土地多样化程度越低，土地类型越单一，土地利用系统就越能保持一个有序状态。

2.2 土地利用结构效率评价及优化

2.2.1 评价指标选择 根据土地集约利用评价的目的和要求，选择了对研究区土地集约利用程度及规模效益具有显著性影响的土地利用类型的面积作为 DEA 输入指标；同时，土地利用的主体是人，土地利用结构是否合理有效与区域人口规模关系密切，因

表 1 2013 年重庆市土地利用数量结构(%)及信息熵(Nat)
Table 1 Land use composition (%) and information entropy (Nat) in Chongqing City

| 区县 | 农用地 | 建设用地 | 其他土地 | 信息熵 | 均衡度 | 优势度 |
|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 巴南区 | 70.59 | 0.85 | 28.56 | 0.64 | 0.59 | 0.41 |
| 北碚区 | 74.32 | 2.72 | 22.96 | 0.66 | 0.60 | 0.40 |
| 璧山县 | 62.70 | 2.77 | 34.53 | 0.76 | 0.69 | 0.31 |
| 长寿县 | 54.94 | 1.09 | 43.97 | 0.74 | 0.67 | 0.33 |
| 城口县 | 68.88 | 20.16 | 10.96 | 0.82 | 0.75 | 0.25 |
| 大渡口区 | 70.75 | 14.44 | 14.81 | 0.81 | 0.73 | 0.27 |
| 大足县 | 55.99 | 13.53 | 30.48 | 0.96 | 0.87 | 0.13 |
| 垫江县 | 51.23 | 0.56 | 48.21 | 0.72 | 0.66 | 0.34 |
| 丰都县 | 75.42 | 11.48 | 13.09 | 0.73 | 0.66 | 0.34 |
| 奉节县 | 70.10 | 25.84 | 4.06 | 0.73 | 0.66 | 0.34 |
| 涪陵区 | 75.18 | 3.85 | 20.97 | 0.67 | 0.61 | 0.39 |
| 合川市 | 70.00 | 1.02 | 28.99 | 0.66 | 0.60 | 0.40 |
| 江北区 | 56.02 | 9.92 | 34.06 | 0.92 | 0.84 | 0.16 |
| 江津市 | 84.22 | 1.68 | 14.10 | 0.49 | 0.45 | 0.55 |
| 九龙坡区 | 69.90 | 12.58 | 17.52 | 0.82 | 0.74 | 0.26 |
| 开县 | 56.74 | 26.42 | 16.84 | 0.97 | 0.89 | 0.11 |
| 梁平县 | 65.30 | 0.65 | 34.05 | 0.68 | 0.62 | 0.38 |
| 南岸区 | 59.62 | 3.53 | 36.85 | 0.79 | 0.72 | 0.28 |
| 南川市 | 73.97 | 20.27 | 5.76 | 0.71 | 0.65 | 0.35 |
| 彭水县 | 69.10 | 25.13 | 5.77 | 0.77 | 0.70 | 0.30 |
| 綦江县 | 59.03 | 23.49 | 17.48 | 0.98 | 0.90 | 0.10 |
| 黔江县 | 72.28 | 22.35 | 5.37 | 0.73 | 0.66 | 0.34 |
| 荣昌县 | 52.21 | 24.42 | 23.37 | 1.02 | 0.93 | 0.07 |
| 沙坪坝区 | 49.93 | 21.12 | 28.95 | 1.03 | 0.94 | 0.06 |
| 石柱县 | 69.50 | 19.93 | 10.57 | 0.81 | 0.74 | 0.26 |
| 铜梁县 | 53.96 | 1.42 | 44.62 | 0.75 | 0.69 | 0.31 |
| 潼南县 | 66.92 | 0.71 | 32.37 | 0.67 | 0.61 | 0.39 |
| 万州区 | 69.73 | 15.23 | 15.04 | 0.82 | 0.75 | 0.25 |
| 巫山县 | 73.72 | 25.14 | 1.15 | 0.62 | 0.57 | 0.43 |
| 巫溪县 | 72.31 | 19.19 | 8.50 | 0.76 | 0.69 | 0.31 |
| 武隆县 | 71.93 | 22.88 | 5.18 | 0.73 | 0.66 | 0.34 |
| 秀山县 | 75.54 | 19.53 | 4.93 | 0.68 | 0.62 | 0.38 |
| 永川市 | 80.78 | 3.18 | 16.04 | 0.58 | 0.52 | 0.48 |
| 酉阳县 | 74.52 | 21.59 | 3.89 | 0.68 | 0.62 | 0.38 |
| 渝北区 | 67.03 | 3.15 | 29.82 | 0.74 | 0.67 | 0.33 |
| 渝中区 | 57.21 | 20.35 | 22.44 | 0.98 | 0.89 | 0.11 |
| 云阳县 | 61.04 | 30.97 | 7.99 | 0.87 | 0.79 | 0.21 |
| 忠县 | 78.10 | 5.26 | 16.64 | 0.65 | 0.59 | 0.41 |

此将人口规模也作为投入指标。在产出指标上选取各县区第一产业、第二产业和第三产业产值作为 DEA 评价的产出指标(表 2)。

2.2.2 土地利用效率评价 以 MaxDEA5 为计算平台,选择 CCR 模型对收集的数据进行计算,得到重庆市 38 个县区的土地利用效率评价(表 3)。

由表 3 可以看出,巴南区、涪陵区、江北区、江津市、九龙坡区、南岸区、南川市、荣昌县、沙坪坝区、铜梁县、潼南县、万州区、永川市、渝北区、渝中区 15 个县区综合效率、技术效率和规模效率均为 1,说明这些县区在土地利用结构中对投入资源的配置、利用和规模集聚上都达到了有效,不存在投入冗

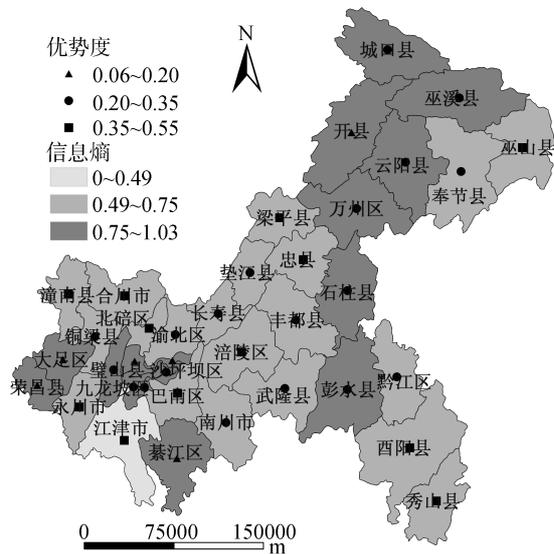


图 2 土地利用有序性与优势度

Fig. 2 Regulation degrees and dominances of land uses

余和产出不足，规模收益处于最佳状态；合川市、綦江区、开县 3 个县规模收益递减，其余 20 个县规模效益递增。通过 DEA 计算，研究区域土地利用结构的平均综合效率和平均规模效率值均为 0.68，处于中等水平，只达到最优的 68%；平均纯技术效率值为 1，水平高。具体来看：

23 个 DEA 无效的县区中，城口县、大渡口区、合川市、黔江县为技术效率有效(技术效率值为 1)而规模效率未达到有效(规模效率值小于 1)，技术有效则表明这些县区产出相对于投入而言已达最大，即在投入资源的配置和利用上达到了有效。而 DEA 无效在于规模的无效率，这些县区的规模和投入、产出不相匹配，城口县在第二产业产值产出不足，应调整建设用地的规模；城口县第一、二产业产值均不足，农业用地和建设用地区域均应调整；合川市第二、三产

表 2 土地利用效率评价指标体系
Table 2 Evaluating index of land use efficiency

| 指标 | 变量 | 变量名称 | 备注 |
|------|-------|--------------------------|--------------------------------------|
| 投入指标 | X_1 | 农用地面积(km ²) | 耕地、园地、林地、牧草地、其他农用地 |
| | X_2 | 建设用地面积(km ²) | 村镇建设用地、交通水利用地、工矿用地、特殊用地 |
| | X_3 | 其他土地面积(km ²) | 水域、未利用地 |
| | X_4 | 人口(万人) | 产业人口 |
| 产出指标 | Y_1 | 第一产业产值(亿元) | 反映农业(包括种植业、林业、牧业和渔业)产值 |
| | Y_2 | 第二产业产值(亿元) | 反映工业(包括采掘业、制造业、电力、煤气及水的生产和供应业)和建筑业产值 |
| | Y_3 | 第三产业产值(亿元) | 反映除第一、第二产业以外的其他各业产值 |

业产值均不足，建设用地和其他土地规模均应调整；通过调整土地利用规模来提高综合效率。云阳县、长寿县规模效率为有效(规模效率值为 1)，而技术效率为无效(技术效率值小于 1)，云阳县第二、三产业产值不足，长寿县第三产业产值不足，2 县在土地利用结构投入方面三大土地利用方式均有剩余，说明 2 县在投入资源的配置和利用上无效，需要在规模一定的基础之上进行产业技术升级改造，提高第二、三产业用地的技术效率，从而实现综合效率的提升。另 17 个县区技术效率、规模效率和综合效率均小于 1，17 县区在土地资源的配置、利用、劳动力投入方面均有剩余，而产值产出方面均出现不同程度的不足，说明这 17 个县区在土地资源的配置、利用和规模集聚上都未达到有效。

2.2.3 土地利用效率的空间分布 由包络分析的计算原理可知，综合效率是纯技术效率和规模效率的乘积，因此，综合效率必定是纯技术效率和规模效率共同作用的结果；要使土地利用的综合效率有效，必须调整纯技术效率和规模效率值，即调整不同

土地利用的规模结构和提升不同产业土地的技术水平。为了考察土地利用效率空间分布规律，以综合效率为分析依据，对 38 个县区的土地利用综合效率进行分区定等。分区定等区间为[1, 0.48]，土地利用综合效率高效区为[0.85, 1]，土地利用综合效率中效区为[0.70, 0.85]，土地利用综合效率低效区为[0.48, 0.70]。土地利用综合效率空间分布结果见图 3。

由图 3 可知，重庆市各县区土地利用效率在空间上存在明显的差异化。土地利用综合效率高效区集中分布在西南部和东部万州区、黔江区 20 个县区。结合表 2 分析，这些县区纯技术效率在 0.94 以上，规模效率在 0.87 以上，规模和技术都接近于有效，土地利用的技术、规模与强度在整体水平上都要优于其他县区，因此综合效率较高。土地利用综合效率中效区为奉节县、梁平县、石柱县、垫江县、武隆县、大渡口区 6 个县区，集中分布在中部，这些县区纯技术效率介于 0.72 ~ 1，规模效率介于 0.77 ~ 0.99，在土地利用规模上应适当调整，在土地利用技术方面应适当加强提升，从而使土地利用综合效率达到最优。其

表 3 土地利用效率评价计算结果
Table 3 Results of land use efficiency evaluation

| 县区 | 综合效率 | 技术效率 | 规模效率 | 规模收益 | 投入剩余值 | | | | 产出不足值 | | |
|------|------|------|------|------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | Y_1 | Y_2 | Y_3 |
| 巴南区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 涪陵区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 江北区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 江津市 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 九龙坡区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 南岸区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 南川市 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 荣昌县 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 沙坪坝区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 铜梁县 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 潼南县 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 万州区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 永川市 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 渝北区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 渝中区 | 1 | 1 | 1 | 不变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 北碚区 | 0.88 | 0.94 | 0.94 | 递增 | 68.85 | 2.52 | 33.39 | 7.73 | 0 | 0 | 32.24 |
| 璧山县 | 0.92 | 0.99 | 0.93 | 递增 | 42.75 | 1.89 | 165.17 | 4.57 | 0 | 0 | 31.58 |
| 长寿县 | 0.98 | 0.98 | 1 | 递增 | 17.57 | 0.35 | 413.56 | 2.01 | 0 | 0 | 23.45 |
| 城口县 | 0.48 | 1 | 0.48 | 递增 | 1 526.39 | 432.95 | 218.1 | 11.78 | 0 | 1.69 | 0 |
| 大渡口区 | 0.77 | 1 | 0.77 | 递增 | 27.83 | 7.19 | 3.79 | 5.58 | 1.41 | 17.52 | 0 |
| 大足区 | 0.61 | 0.62 | 0.99 | 递增 | 306.81 | 74.13 | 238.12 | 45.06 | 0 | 0 | 0 |
| 垫江县 | 0.82 | 0.87 | 0.94 | 递增 | 229.4 | 1.5 | 506.69 | 15.41 | 0 | 38.11 | 67.24 |
| 丰都县 | 0.54 | 0.64 | 0.85 | 递增 | 1 814.06 | 173.52 | 224.47 | 35.37 | 0 | 48.68 | 0 |
| 奉节县 | 0.72 | 0.72 | 0.99 | 递增 | 1 310.43 | 630.34 | 46.8 | 24.79 | 0 | 15.69 | 0 |
| 梁平县 | 0.8 | 0.87 | 0.92 | 递增 | 416.89 | 2.36 | 311.31 | 16.63 | 0 | 49.16 | 103.05 |
| 彭水县 | 0.56 | 0.73 | 0.78 | 递增 | 2 363.94 | 835.4 | 101.41 | 25.7 | 0 | 39 | 0 |
| 黔江县 | 0.9 | 1 | 0.9 | 递增 | 1 892.54 | 636.16 | 4.43 | 4.51 | 0 | 0 | 0 |
| 石柱县 | 0.7 | 0.84 | 0.83 | 递增 | 1 792.54 | 467.61 | 193.74 | 14.58 | 0 | 29.25 | 0 |
| 巫山县 | 0.51 | 0.66 | 0.78 | 递增 | 2 164.12 | 417.59 | 412.83 | 27.79 | 0 | 45.74 | 0 |
| 巫溪县 | 0.62 | 0.86 | 0.72 | 递增 | 1 905.27 | 669.05 | 12.81 | 18.42 | 0 | 26.15 | 3.97 |
| 武隆县 | 0.74 | 0.93 | 0.79 | 递增 | 2 659.39 | 668.41 | 233.28 | 10.44 | 0 | 24.18 | 0 |
| 秀山县 | 0.6 | 0.8 | 0.75 | 递增 | 1 408.47 | 453.13 | 57.25 | 20.17 | 0 | 0 | 0 |
| 酉阳县 | 0.68 | 0.89 | 0.76 | 递增 | 570.84 | 15.63 | 121.78 | 19.07 | 0 | 47.09 | 2.67 |
| 云阳县 | 0.54 | 0.54 | 1 | 递增 | 1 025.48 | 765.46 | 134.2 | 56.51 | 0 | 40.51 | 11.16 |
| 忠县 | 0.61 | 0.69 | 0.88 | 递增 | 824.42 | 44.35 | 162.94 | 37.05 | 0 | 45.39 | 0 |
| 合川市 | 0.87 | 1 | 0.87 | 递减 | 200.37 | 2.91 | 82.98 | 17.99 | 0 | 57.76 | 100.35 |
| 开县 | 0.56 | 0.6 | 0.94 | 递减 | 1 605.41 | 753.91 | 382 | 61.73 | 0 | 58.08 | 0 |
| 綦江区 | 0.65 | 0.7 | 0.93 | 递减 | 545.45 | 235.71 | 145.65 | 42.6 | 0 | 7.19 | 0 |
| 均值 | 0.68 | 1 | 0.68 | - | - | - | - | - | - | - | - |

他 12 个县区为综合效率低效区,集中分布在东北部、中部、东南部部分县区,这些县区有的规模效率低、技术效率高,有的技术效率低、规模效率高,或者二者水平都不高;因此为使土地利用综合效率达到最佳,应对规模效率低、技术效率高的县区优

化调整土地利用规模,技术效率低的、规模效率高的县区要大力加强产业技术改造,二者水平都不高的县区,要同时优化调整土地利用结构,大力提升产业技术水平,从而使土地利用综合效率达到最优。

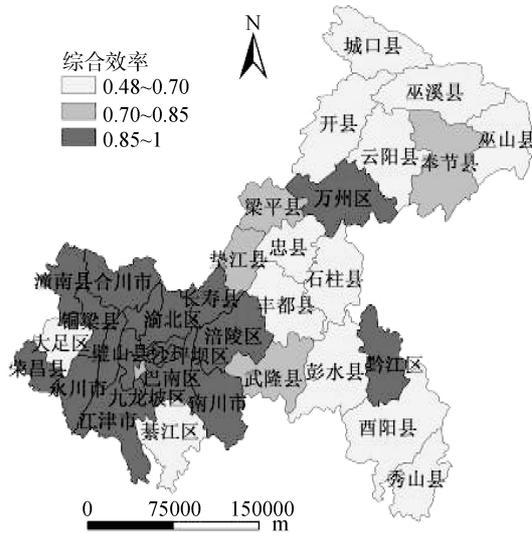


图 3 土地利用综合效率空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of comprehensive efficiency of land use

总体来说,通过土地利用效率有效性分析,结合空间分布特征来看,重庆市土地利用效率较好,15 个县综合效率、技术效率、规模效率为 1,长寿县、璧山县、黔江县、北碚区、合川市 5 个县接近于 1,说明这些县区土地利用结构相对合理,各项土地利用效率也较好,土地开发利用比较有序。其他 18 个县,需要不断优化调整土地利用结构,减少用地投入浪费,同时兼顾产业技术改造、升级,坚持土地利用规模效益和技术效益双高效之路,使土地利用综合效益达到最优。

3 结论与讨论

本研究以 GIS 技术为平台,采用信息熵理论和数据包络分析,选取重庆市 38 个县为研究对象,从有序性和效率两个方面分析评价了重庆市的土地利用结构状况。有序性分析表明,重庆市各县区土地利用结构的有序度存在显著的空间差异,大致表现为信息熵越高的区域,土地利用结构的优势度越低。16 个区县土地利用信息熵较高、优势度较低,在空间上主要集中分布于西南部和东部、北部部分区域;22 个区县信息熵较低、优势度较高,集中分布在中部、东北、东南部的部分区县。重庆市土地利用结构有序度高低与区域内用地呈密切关系,区域土地的多样化程度越高、土地类型越齐全,土地利用结构受人类活动的影响机率就越大、影响程度就越高,土地利用结构系统就越趋向无序状态;相反,土地多样化程度越低,土地类型越单一,土地利用系统就越能保持一个有序状态。

效率有效性分析表明,重庆市土地利用效率较

好,各县区土地利用效率在空间上存在明显的差异化。20 个县综合效率、技术效率、规模效率为 1 或接近于 1,说明这些县区土地利用结构相对合理,各项土地利用效率也较好,土地开发利用比较有序;其他 18 个县,综合效率值中等或较低,说明要提高这些县区的土地利用综合效率,应根据不同县区土地投入状况,优化调整土地利用结构规模或者加强产业技术改造、升级,坚持土地利用规模效益和技术效益双优策略,使土地利用综合效益达到最优。

土地利用系统是一个由自然、社会、经济耦合而成的复杂巨系统,具有特定的结构和功能;也就是说,当将土地的自然属性和社会属性(本文中的土地利用类型面积和产业人口)作为土地系统的投入指标,经济即不同用地产业产值作为产出指标时,再对土地利用结构进行最优目标评价,信息熵的评价方法难以将经济指标作为评价因子;在土地利用结构信息熵评价土地数量和结构基础上,引入包络分析中的 CCR 模型对土地利用的效率进行评价,可以更有效地评价出各用地之间的规模、技术投入冗余度及不同投入下各用地的产出不足率,为进一步优化调整各用地之间的规模及加强各产业技术的优化升级提供了理论支撑。

参考文献:

- [1] 黄以柱. 黄河故道区域土地利用的合理结构[J]. 地理学报, 1996, 51(2): 172-181
- [2] 郭焕成. 土地利用调查与制图方法的初步研究[J]. 地理学报, 1984, 39(3): 259-267
- [3] 刘巧芹, 秦岭, 吴克宁, 等. 大城市郊区农村土地利用格局及整治方向分析——以北京大兴区为例[J]. 土壤, 2014, 46(2): 379-385
- [4] 潘竟虎, 胡艳兴. 疏勒河中下游近 35 年土地利用与景观格局动态[J]. 土壤, 2014, 46(4): 742-748
- [5] 严金明. 简论土地利用结构优化与模型设计[J]. 中国土地科学, 2008, 16(4): 20-25
- [6] 李团胜, 马超群. 从土地利用变化看陕西省生态环境的转变[J]. 干旱区地理, 2005, 28(5): 647-653
- [7] 赵京, 杨钢桥. 基于信息熵的土地利用结构演变分析——以湖北省为例[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(4): 1016-1019
- [8] 谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 112-117
- [9] 李闯, 孙在宏, 杨素静. 江苏省环太湖地区土地利用结构演变与驱动力分析[J]. 地球信息科学, 2008, 10(2): 136-141
- [10] 申海建, 郭荣中, 刘刚, 等. 洞庭湖区土地利用结构信息熵分异规律研究——以湖南省岳阳市为例[J]. 河北农业科学, 2008, 12(2): 92-94
- [11] 匡文慧, 张树文. 长春市百年城市土地利用空间结构演变的信息熵与分形机制研究[J]. 中国科学院研究生院学报, 2007, 24(1): 73-80

- [12] 刘荣霞, 薛安, 韩鹏, 等. 土地利用结构优化方法述评[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 655-662
- [13] 杨东, 郑凤娟, 潘竟虎, 等. 改进的 TOPSIS 法在土地利用结构合理性评价中的应用——以兰州市为例[J]. 土壤通报, 2012, 43(1): 120-124
- [14] 武启祥, 杨永芳, 朱连奇. 县域土地利用结构与效益的权衡[J]. 经济地理, 2013, 33(8): 147-152
- [15] 张明, 朱会义, 何书金. 典型相关分析在土地利用结构研究中的应用——以环渤海地区为例[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 762-767
- [16] 解修平, 周杰, 张海龙, 等. 基于景观生态和马尔可夫过程的西安地区土地利用变化分析[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 175-181
- [17] 罗昀, 黄贤金, 濮励杰. 区域土地利用结构变化与土地可持续利用研究——以江苏省原锡山市为例[J]. 土壤, 2003, 35(4): 286-291
- [18] 张群, 张雯, 李飞雪, 等. 基于信息熵和数据包络分析的区域土地利用结构评价——以常州市武进区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(9): 1 149-1 155
- [19] 郑新奇, 王筱明. 城镇土地利用结构效率的数据包络分析[J]. 中国土地科学, 2004, 18(2): 34-39
- [20] 许建伟, 许新宇, 朱明侠, 等. 基于数据包络分析的长三角城市群土地利用效率及其变化研究[J]. 世界地理研究, 2013, 22(1): 121-129
- [21] 陈兴鹏, 许新宇, 逯承鹏. 基于 DEA 交叉模型的西部地区生态效率时空变化[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2012, 48(2): 24-28
- [22] 李郁, 徐现祥, 陈浩辉. 20 世纪 90 年代中国城市效率的时空变化[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 615-625
- [23] 陈百明, 周小萍. 《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 994-1 003
- [24] 谭洁, 朱红梅, 金卫华. 长沙市土地利用结构熵值时序分析[J]. 经济地理, 2010, 30(1): 118-121
- [25] 杨志荣, 吴次芳, 靳相木, 等. 基于 DEA 模型的城市用地经济效益比较研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(1): 14-18

Evaluation on Land Use Structure in Counties of Chongqing City Based on Information Entropy and Data Envelopment Analysis

XIE Xianjian

(School of Geography and Resources Science of Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641000, China)

Abstract: The land use structure is a specific performance of land uses on the national economic structure, the evaluation of land use structure can improve the efficiency and function of land use. In this paper, based on GIS software, 38 counties in Chongqing City were selected as the research objects, the regulation degree and efficiency of land use structure were evaluated by using the information entropy theory and the data envelopment analysis (DEA) method. The results showed that there were significant spatial differences in the regulation degrees of land use structures in different counties of Chongqing, and the regulation degree had a close relation to the regional land use. There were significant spatial differences in the efficiencies of land uses in different counties, the values of comprehensive technical efficiencies, pure technical efficiencies and scale efficiencies of 20 counties were 1 or close to 1, which indicated that the land use structure in each county of Chongqing City was reasonable, the land use efficiency was good and the land development and utilization was orderly.

Key words: Land use structure; Information entropy; Data envelopment analysis; Chongqing City