

山区路网格局与土地利用协调效应研究^{*}

——以重庆市巫山县为例

牟风云, 杨 猛, 罗 玲, 龙秋月

(重庆交通大学 建筑与城市规划学院, 重庆 400074)

摘要:【目的】为应对路网建设对山区土地利用和生态环境造成的冲突效应,研究它们之间的协调关系,为区域提升土地利用效率、推进生态文明发展提供科学依据。【方法】以典型的山区区域重庆市巫山县为例,根据山区路网格局分布和2013—2017年土地利用变化情况,利用空间句法算法、交通可达性模型和超效率模型(SE-DEA)等,探讨了区域土地利用转移情况和路网建设与土地利用协调程度。【结果】1)路网建设与建设用地协调性最好,与耕地、林地协调性则较差。巫山县2013—2017年耕地变化率最大,林地变化率最小,建设用地中路网密度所占比例最大;2)巫山县交通可达范围增加,可达性平均值由0.45增至0.59。可见,巫山县路网得到了延展与扩充,路网连接性与服务区范围得到扩张。【结论】巫山县路网建设与土地利用整体上表现为协调关系,且呈上升趋势。路网格局对建设用地与耕地影响程度最大,协调程度成为制约区域经济协调与可持续发展的因素之一。

关键词:路网建设;土地利用;协调性;SE-DEA模型;巫山县

中图分类号:X24;F303.1;F543

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2020)05-0035-10

近些年来区域新型城镇化进程的加快使得区县交通建设的需求也在不断扩张,然而增长过快的建设和乡镇周边的土地利用形成了严重的不协调现象。由于区域路网建设与土地利用的不协调,导致区域生态环境遭受了一定程度的破坏、土地资源利用效率降低、自然资源无法高效利用等一系列问题,从而使路网格局与土地利用之间的矛盾日益加剧。如何合理布局区域路网格局、调整土地利用结构,成为了亟待解决的问题。因此,为区域交通路网规划和土地利用规划的制订提供科学的理论依据,对交通路网格局规划和土地利用实现可持续发展有着重要意义。

国外在这方面的研究起始时间较早,德国古典经济学派最早提出区位理论,美国学者 Hansen^[1]于1959年首次提出可达性概念,研究主要基于经济法则和20世纪60年代的城市空间经济学理论、行为学理论等理论^[2],从不同角度论述了二者相互作用关系。其中比较有代表性的是施盖尔佛与斯科勒于1975年首次提出的城市形态和交通系统之间的关系。随后,Meshesha等人^[3]研究了区域土地利用与其他要素的关系,并分析了它们之间的协调程度。近些年来,多数学者研究交通与土地利用之间的相互关系时,将各种交通类型进行细化,如Awuh等人^[4]研究了交通系统与土地利用之间相互关系,其中包含城市与交通环境关系;Fancellob等人^[5]研究了公共汽车交通或城市轨道交通和城市路网的形态对土地利用的影响,以及从交通可达性与土地利用的关联出发,研究城市路网和土地利用的关系。中国学者也从不同层面进行了研究,其中在理论层面上,谭云峰等人^[6]基于均衡原理以重庆市观音桥片区为例,提出虚拟路网进行均衡配流,将复杂的路网简化进行了一体化评价;闵婕等人^[7]研究了土地利用与有关阻碍因子的效绩反应,以及土地利用与其他因子的冲突效应。在政策层面上,张玉玲等人^[8]以研究北京市的轨道交通和土地利用的协调关系为例,指出协调这两方面的主要路径是注重土地的集约化利用和提升轨道交通的建设服务水平;马丹驯等人^[9]将交通与城市规划、土地利用政策协调整合,并研究了它们之间的冲突效应。在方法层面上,姜博等人^[10]利用文献分析法分析了高铁可达性与土地利用之间关系;冯

^{*} 收稿日期:2019-12-04 修回日期:2020-04-01 网络出版时间:2020-10-19 08:52

资助项目:国家自然科学基金(No. 41601564);国家重点研发计划项目(No. 2019YFB2102503);重庆市自然科学基金(No. cstc2019jcyj-msxmX0626);国家自然科学基金校内培育项目(No. 2018PY15);重庆市基础研究与前沿探索项目(No. cstc2018jcyjAX0156)

第一作者简介:牟风云,女,教授,博士,研究方向为公路灾害、3S技术集成与应用,E-mail: mfyds@cqjtu.edu.cn;通信作者:杨猛,男,E-mail: 836819545@qq.com

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20201016.0946.002.html

红霞等人^[11]通过临近关系原则研究区域交通与周边土地利用的变化情况。在模型应用方面,胡金晓等人^[12]研究了道路交通系统对土地利用的影响程度,运用层次分析方法(AHP)构建协调指标,辅以专家评价法确定指标权重进行综合评价;王进富等人^[13]建立了高新区与区域经济协调模型,进而分析城市与区域发展协调情况。以上研究已取得一定成效,但仍存在不足之处:1) 目前的研究大多是利用层次分析法确定权重因子,然而由于区域影响因子具有多样性和不确定性,使得研究结果较为主观;2) 多以城市交通与土地利用为研究对象,研究多集中于两者相互之间的联系,对于区县交通格局与土地利用的协调发展关系研究是现阶段国内研究较为欠缺的部分,要素之间协调也尚待研究。本研究在这些研究基础上,针对相关研究的不足之处,以县域为研究尺度,采用超效率(SE-DEA)模型进行区域路网络与土地利用间协调关系研究。

本研究以重庆市巫山县为例,利用 ArcGIS 软件,首先根据研究区路网数据及相关统计数据,计算研究区路网密度,并通过空间句法模型进行交通网络可达性分析,分析研究区的路网密集分布程度和路网的通达性。再者结合 RS 技术,综合研究区统计数据和统计公报数据,进行土地利用变化与转移情况分析。最后考虑区域影响因子多样性和不确定性,以及模型的适用性,通过 Matlab 软件建立 SE-DEA 协调模型,综合分析研究区路网络与土地利用之间的协调关系。研究结果对于今后交通路网规划和土地利用规划具有辅助性作用,也为区域交通路网络格局规划和土地利用实现可持续发展提供有益的参考。

1 研究区概况及数据来源

巫山县位于重庆市东北部,地理位置在北纬 $30^{\circ}45'$ ~ $23^{\circ}28'$ 、东经 $109^{\circ}33'$ ~ $110^{\circ}11'$ 之间,属亚热带季风性湿润气候,地处三峡库区腹心,属于长江中上游重要的生态屏障区。据统计,2017 年全年新(改)建公路超过 1 300 km,全县行政村、撤并村实现通畅,不通公路的入户人行便道全覆盖,完成客运量 982 万人次。巫山集大山区、大库区、大农村于一体,自然条件差、发展基础弱,贫困人口多、贫困程度深。多数地区存在交通与土地利用不协调现象,如交通网络规划不合理、生态系统受到一定程度破坏、区域耕地利用效率降低等。

研究所用数据有遥感影像数据、矢量路网数据和社会经济数据,其中:遥感影像数据来自地理空间数据云平台,矢量路网数据来自 OSM(Open street map)官方网站,社会经济数据来源于 2010—2018 年的巫山统计年鉴和统计公报。

2 研究方法 with 数据处理

2.1 交通可达性

交通可达性是城市小区或路网节点相互之间居民出行或车辆行驶平均时间的倒数,是表示交通难易程度的一项技术指标^[12-13]。研究交通可达性的方法主要有距离度量法、重力度量法、累积机会法、拓扑度量法等 4 种方法,其中空间句法属于拓扑度量法的一种,作为数学上的一种拓扑方式,通过计算机平台进行模拟、定量分析。空间句法模型本质上是基于拓扑距离的网络通达性和关联性,根本思想是将空间之间的相互联系抽象为连接图,再根据图论基本原理,对轴线或节点的通达性进行拓扑分析,最终导出一系列的形态分析变量,即通过连接值、控制值、深度值、集成度值等变量来表达空间之间的相互关系^[14-15]。考虑到空间句法是将大尺度的空间系统划分为各个小尺度的单元,将路网关系抽象为连接图,通过插件计算得到的多个相互关系的形态分析变量值,尤其集合度指标集合多个形态分析变量的信息综合反映整个路网通达能力,因此本研究基于路网集合度测算来研究区域交通可达性。

由于公路网处于复杂的社会经济体系中,对路网密度也应当多方面定性定量分析。因此为填补这种单一测算方法的缺漏,考虑到区域经济发展水平和人口密度的问题,从不同方面进行路网密度的测算,经过一系列考察和研究,将指标进行部分整合和改良后,主要包括面积路网密度(D_s)、人口路网密度(D_p)、等级公路路网密度(D_n)和综合路网密度(D_z)。具体公式为:

$$D_s = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i l_i}{s}, \quad (1)$$

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i l_i}{p}, \quad (2)$$

$$D_n = \frac{l}{s} \cdot p, \quad (3)$$

$$D_z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i l_i}{\sqrt[3]{spq}}。 \quad (4)$$

其中: s 为研究区面积; p 为研究区常住人口总数; q 为研究区内生产总值; l_i 为研究区内 i 等级公路的长度; l 为研究区等级公路总长度; α_i 为研究区内 i 等级公路换算长度的权重系数; n 为研究区内公路等级数。

2.2 SE-DEA 协调模型

现当代社会倡导“可持续发展”和“以人为本”理念,只有“交通-土地”协调发展才能构筑更加完善的城市空间用地结构。交通路网和土地利用的协调研究主要包括在发展过程中,土地利用开发程度和道路网空间格局如何匹配方能形成一个稳定均衡的系统,以及路网格局变化对土地利用变化、土地利用效率的影响和区域发展协调程度等。研究路网格局和土地利用的协调时,已有的协调关系评价主要采用序参量或层次分析方法,应用数据包络分析方法(DEA)的研究则相对较少。

DEA是一种基于评价对象间相对比较来得到非参数技术效率的分析方法,在多目标综合评价中具有明显的优势。DEA评价模型应用于两者协调关系研究,既避免了以往方法中过于主观的缺陷,从而降低主观因素误差。而SE-DEA与传统DEA模型^[18-19]相比,除了保留传统模型的计算优势,该模型还增加了排序和相互比较的功能。因此本研究选择高效又适用的SE-DEA模型进行协调研究。

运用SE-DEA模型对路网格局与土地利用的协调进行定量评价,从路网格局和土地利用方面各选取了3个评价指标(表1)。为了体现协调的连续变化,以及满足SE-DEA模型指标计算中决策单元不少于投入输出指标之和这一规定,本研究将研究年限从两期对比扩展为从2013年到2017年,研究连续年份间研究区域协调的变化趋势。

2.3 数据处理与模型构建

2.3.1 交通可达性指标构建 在交通因素方面,首先对多期OSM道路数据进行规范处理,将它们的属性、坐标和等级进行编辑。再者,基于ArcGIS软件,利用空间句法插件(Axwoman 6.3),对处理后的道路数据进行测算。最后,根据(1)~(4)式计算得到2013—2017年巫山县公路连接值、控制值、深度值、集成度值等。社会经济方面,将统计年鉴数据进行标准化处理,得到巫山县社会经济指标和人口密度指标,并结合GIS空间可视化技术,进行量化指标空间可视化。

2.3.2 土地利用数据处理 将获取的2013—2017年巫山县遥感影像数据在ENVI软件中进行辐射校正、大气校正、空间校正、样本采集、分类处理和精度验证,并通过谷歌影像对分类的合理性和准确性进行校验,最终得到巫山县2013—2017年土地利用数据,再计算得到巫山县2013—2017年土地利用变化率。

2.3.3 公路与土地利用协调性模型构建 通过得到的公路可达性指标和土地利用指标,构建指标体系,再基于SE-DEA模型,构建公路与土地利用协调模型。首先将扩充的2013—2017年交通与土地利用数据作为决策单元(DMU),考虑SE-DEA模型决策单元数量不能少于投入和输出指标的数量和,本研究择取8个决策单元和3个投入输出指标,基于Matlab软件平台进行SE-DEA协调模型构建,并将数据导入ArcGIS软件,结合可视化技术,得出巫山县2013—2017年公路与土地利用协调情况。

3 结果分析

3.1 交通可达性分析

通过区域交通可达性来判定对土地利用影响情况。在交通可达性研究过程中,首先需要进行路网密度测算,再利用空间句法模型,计算出研究区2013和2017年路网局部集成度、平均深度和通达能力。通过全局集成

表1 协调关系定量评价指标选取表

Tab. 1 Selection table of quantitative evaluation indicators for coordination relationship

类型	指标代码	指标
路网格局	X ₁	路网密度
	X ₂	公路客运量
	X ₃	等级公路里程
土地利用	Y ₁	常住人口密度
	Y ₂	森林覆盖率
	Y ₃	生产总值

度量化表示交通可达性,并利用 GIS 工具分析功能对它进行空间可视化。再测算研究区 2013 和 2017 年两期路网密度,进行交通可达性与通达性分析,得到研究区路网格局变化情况。结果显示,研究区 2013 和 2017 年交通可达性平均值分别为 0.45 和 0.59,可达能力呈上升趋势。

3.1.1 可达性指标测算 路网密度主要包括路网面积、人口、公路等级等路网密度,以及综合性路网密度。交通可达性测算由多个形态分析变量构成,主要包括连接值、控制值、深度值和集成度值。

利用两期统计数据,通过(1)~(4)式得到 4 项指标测算值(表 2)。研究过程中测算公路密度权重系数 α_i 主要根据公路的功能、使用任务和适应的交通量进行的确定。结合相关专家打分及意见,确定公路等级权重系数 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 和 α_4 依次为 2.5, 1.5, 1.0, 0.4 和 0.2,其中 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 和 α_4 分别对应高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路。

测算结果显示,2017 年面积路网密度 D_s 、人口路网密度 D_p 、等级公路路网密度 D_n 等 3 个指标测算结果均大于 2013 年,而两年综合路网密度 D_z 基本持平,甚至更为复杂的 2017 年路网系统却略低于 2013 年。

图 1 显示,巫山县人口路网密度 D_p 比面积路网密度 D_s 差距更明显,可以了解到研究区 2013 和 2017 年常住人口数分别为 46.98 万人和 44.83 万人,常住人口的减幅大于对应区域内等级公路的增幅,即 2013—2017 年研究区流动人口的增加过多;从路网密度 D_z 层面上得出,2013 年 D_z 的值比 2017 年的略大,其中区域面积 s 保持恒定。两年结果经对比发现道路长度增加、常住人口下降、生产总值增加,因此可以判定 2013—2017 年研究区道路长度的增幅略低于人口和生产总值的乘积值,生产总值的增幅大于道路长度的增幅。

3.1.2 可达性分析 在路网密度测算指标研究基础上,利用空间句法 Axwman 4.0

插件,在 ArcGIS 软件中进行研究区交通可达性测算,通过 GIS 空间可视化功能,对研究区路网局部集成度、平均深度、通达能力进行空间表达。

图 2 显示,2013 年研究区路网集成度多以分散的圆状斑块呈现,且基本分布在低集成度区间 0.21~5.51,而集成度较为紧密地联系其他形态分析变量,总体上反映了交通可达性,因此可以得知 2013 年巫山县路网集成度极低,路网整体可达性也低;2017 年研究区路网集成度圆状板块明显更多,这是某些轴线上集成度提高的表现,在整体来说,集成度分布值仍处于 2013 年集成度值,但某些小斑点的出现也证明了 2017 年交通可达性更好,尤其是在 2017 年集成度分布图中可以看到较 2013 年形成了两个完整的圆环状,中心部分为集成度最大的部分;2013 年路网平均深度值上下两部分位于中等深度值,中间部分位于倒数第二阶梯,西南至东北走向贯穿整个路网覆盖范围,在最上面部分存在平均深度值最大的部分,达到高覆盖程度,而其中最低平均深度值范围在最底部。

将整个插值面分为 2×2 的均等面,得出右上区域既包含了深度值最小的区域又包含了深度值最大的区域,由此可以判断该区域范围路网发展水平存在明显的差异化;相较于 2017 年巫山县路网平均深度,中部区域呈现明显的向外扩张的趋势,上部集成度高区域扩张 2 倍左右,中部最低深度值部分呈现分散的状态。

通达能力表现某一轴线在整个路网的连接程度,跟连接数呈正比关系。分析得出,2013 年通达能力高的地方主要集中在一个地方,而 2017 年出现多个通达能力较高的区域,这表明 2013—2017 年巫山县路网进行了许多延展扩充,对部分主要道路新建了许多道路分支,扩张路网连接性与服务区范围。

表 2 2013 年和 2017 年研究区 4 项路网密度指标测算结果
Tab. 2 Measurement results of 4 road network density indicators in the study area in 2013 and 2017

年份	指标			
	D_s	D_p	D_n	D_z
2013 年	0.761	48.350	0.027	10.270
2017 年	0.847	56.402	0.032	10.130

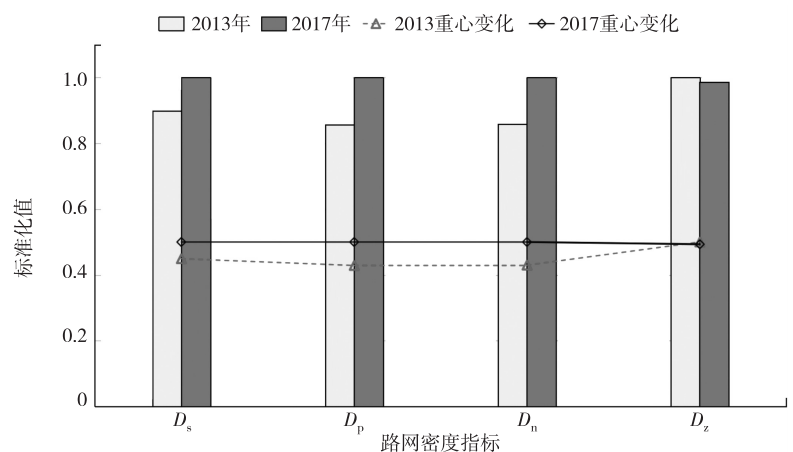
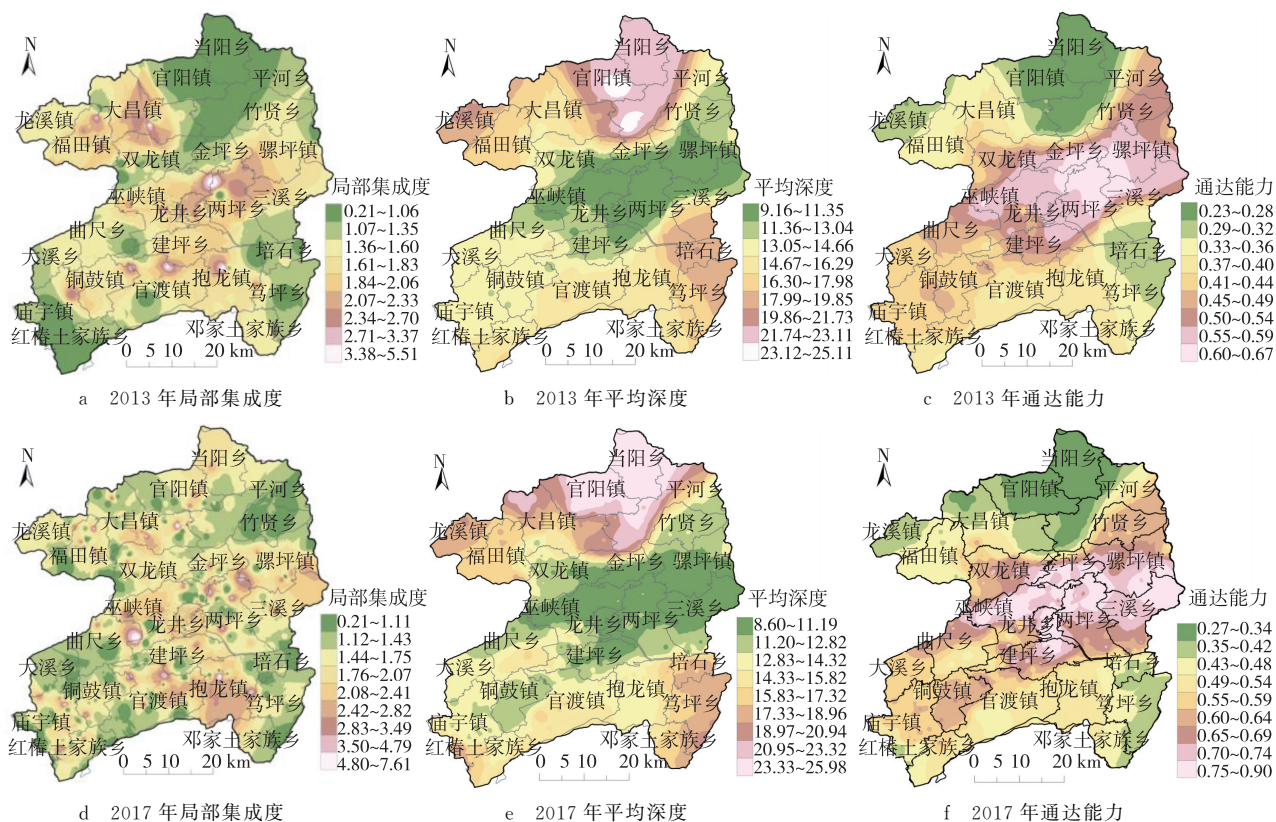


图 1 2013 年和 2017 年路网密度指标对比

Fig. 1 Comparison of 4 indicators of road network density in 2013 and 2017



注:底图来源于重庆市标准地图服务网,审图号:S(2019)055号,下同

图2 2013和2017年研究区交通可达空间测度

Fig. 2 Measurements of accessible space in the study area in 2013 and 2017

3.2 研究区土地利用变化情况

通过2013和2017年遥感影像数据进行土地利用分类,经过辐射校正、大气校正、空间校正、样本采集、分类处理和精度验证等过程处理,最终得出巫山县2013和2017年土地利用分类结果(图3)。在土地利用分类的精度和检验方法方面,检验结果kappa系数为94.25%。通过高精度谷歌影像对比较验,将错误分区域进行修改,最终结果与研究区域统计公布数据对比验证,最终此次各类土地利用分类结果与实际相符,分类精度较高。再者进行土地利用变化与利用效率分析,并在路网格局研究基础上进行综合分析。这样得到的区域土地利用变化分析,结果不仅可以有针对性的为区域提出优化措施,反映出区域社会经济发展情况,还能提高该区域土地利用集约化程度,实现土地资源可持续利用,符合“以人为本”的可持续化发展理念。

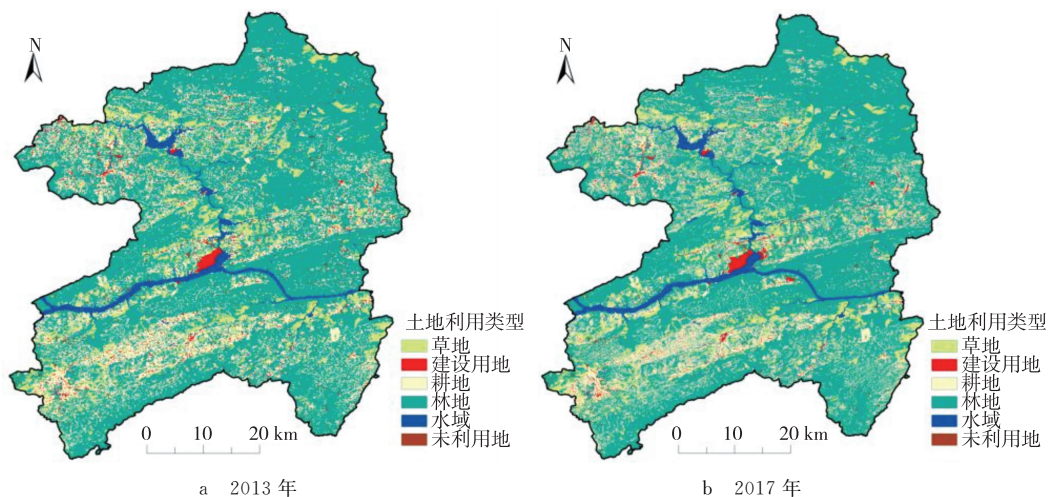


图3 2013和2017年研究区土地利用分类

Fig. 3 Classification of land use in 2013 and 2017

土地利用变化总量分析,即为分析各类型土地面积的变化情况,表现为某土地利用类型与总量的变化关系^[30-31,35],而土地利用率则表示区域已利用土地面积占区域总面积的百分比^[19,27],具体计算式为:

$$\begin{cases} T = \frac{S_b - S_a}{S_b} \\ V = \frac{S_z}{S} \end{cases}, \quad (5)$$

其中: T 为土地类型变化率; S_a, S_b 分别指研究区 2013 和 2017 年某一种土地利用类型的面积(单位: km^2); V 为土地利用率; S_z 表示除未利用地外其余土地利用类型的面积总和(单位: km^2); S 表示区域总土地面积(单位: km^2)。

根据(5)式计算得出 2013—2017 土地利用变化结果(表 3),结果显示:1) 巫山县 2013—2017 年土地利用类型中水域、未利用地和耕地表现为减少,建设用地、林地和草地增加。2) 耕地变化率最大,达到 20.65%,具体较 2013 年减少了 72.47 km^2 ;林地变化率最小,增加了 2.55%,但变化面积达 58.59 km^2 。由此可知,林地占比较大,基础数据量也大,才导致了变化率虽小但实际变化面积不小。3) 仅次于耕地变化率的是草地,达到 13.87%,结合表 3 中耕地和草地这两类的大幅度变化和巫山县 2013 年统计公报中提到的退耕还林还草,可知该变化与巫山县地方政策有很大的关联。4) 水域面积减少了 11.35 km^2 ,减少率为 11.35%,建设用地增加了 19.75 km^2 ,增加率为 14.54%,均超过未利用地的微小变化。结合巫山县本身地理位置而言,对于这种山区城市,由于山地起伏等原因,建设用地大部分都是邻近贯穿巫山整个县的河流,因此二者之间的面积变化相互影响较大。

表 3 研究区土地利用类型变化统计表

Tab. 3 Statistics of land use types in the study area

土地利用类型	2013 年		2017 年		2013—2017 年		
	面积/ km^2	百分比/%	面积/ km^2	百分比/%	变化面积/ km^2	变化率/%	年变化率/%
水域	106.35	3.60	95.00	3.21	-11.35	-11.95	-2.99
建设用地	116.06	3.92	135.81	4.59	19.75	14.54	3.64
林地	2 238.01	75.72	2 296.60	77.70	58.59	2.55	0.64
未利用地	30.00	1.01	28.71	0.97	-1.29	-4.50	-1.12
耕地	423.44	14.31	350.97	11.86	-72.47	-20.65	-5.16
草地	42.34	1.43	49.16	1.66	6.82	13.87	3.47
总计	2 956.21	100.00	2 956.25	100.00			

根据表 3 中的数据计算可以直接得出 2013 年和 2017 年巫山县土地利用率分别是 98.93%,98.97%。总体上,可以看出巫山县土地利用率整体偏高,且 2013—2017 年土地利用率略有提升。

3.3 协调性模型构建与分析

在以上研究基础上,基于 SE-DEA 模型进行路网络格局方面和土地利用协调定量评价,研究选取了 3 个评价指标,为满足模型指标计算中决策单元不少于投入输出指标之和规定,本研究将研究年限从两期对比扩展为研究从 2013 年到 2017 年连续年份间研究区域协调程度的变化趋势。评价指标从路网络格局和土地利用两方面设定,数据获取来自统计年鉴、统计公报及前文评价分析时计算得出的指标数据,具体如表 4 所示。

3.3.1 协调性的变化原因与相应政策分析 1) 协调性变化的背后原因。随着中国国民经济的持续增长,人地矛盾日益突显,而在发展过程中,交通需求逐渐增强。在此之前,相关部门也提出了许多建议和措施进行整改,如:提倡公交优先、完善区县路网、实行交通管制等,以此抑制交通需求,但取得的成效不明显。区县交通设施仍存在着供应滞后的问题,致使快速增长的交通需求无法得到满足,难以消除的与其他要素之间的不平衡现象,导致交通与其他要素之间矛盾的也日益加剧,表现最为突出的即交通与土地之间关系。紧随发展历程,区域“交通-土地利用”之间协调性无法从根本上解决问题。事实上,要想从根本上解决区县交通供需之间的矛盾,须从调整土地利用结构和合理优化公路交通格局,让公路交通系统与土地利用形成良性互动。2) 相应政策分析。综合国家

发展政策和 2013—2017 年巫山县规划统筹文件可知,2013—2017 年巫山县在已有建设基础上,开始重视土地利用规划和路网规划之间的相互联系,需针对所选指标进行一系列规范化的方案调整,以期协调性指数随指标的良好发展变化而提升。在 2013—2017 年期间巫山县大力发展公共交通系统,致使原有公路的客运量受到影响,并且随人们经济水平的提高,私家车的增加也在一定程度上影响了巫山县的公路客运。近些年来,巫山县土地的集约化利用和山区路网建设协调性发生改变,而新建路网也意味着公路网里程增加,路网建设也将带动路网本身服务区范围的经济的发展,但对土地利用影响巨大,导致该作用具有一定滞后性。对于路网和土地利用这两个复杂的系统而言,各个政策统筹规划对二者之间协调性影响巨大。

表 4 SE-DEA 模型决策单元统计表
Tab. 4 Statistical table of decision units for the SE-DEA model

决策单元	指标代码	决策指标	年份	
			2013 年	2017 年
路网格局	X ₁	路网密度/(km·km ⁻²)	1.53	1.68
	X ₂	公路客运量/万人次	1 631	826
	X ₃	等级公路里程/km	3 867	4 294
土地利用	Y ₁	常住人口密度/(人·km ⁻²)	159	152
	Y ₂	森林覆盖率/%	53.00	57.00
	Y ₃	生产总值/亿元	75.13	116.15

3.3.2 SE-DEA 协调模型构建 将 2013—2017 年交通与土地利用数据作为决策单元,考虑 SE-DEA 模型决策单元数量不能少于投入和输出指标的数量和,本研究择取 5 个决策单元和 3 个投入输出指标进行 SE-DEA 协调模型构建。

基于 Matlab 软件平台,首先输入模型计算指标矩阵,分别为:

$$\mathbf{X}=\begin{bmatrix} 1.53 & 1.52 & 1.61 & 1.63 & 1.68 \\ 1\ 631 & 672 & 693 & 724 & 826 \\ 3\ 867 & 4\ 082 & 4\ 142 & 4\ 189 & 4\ 294 \end{bmatrix}, \mathbf{Y}=\begin{bmatrix} 159 & 158 & 156 & 154 & 152 \\ 0.53 & 0.54 & 0.55 & 0.56 & 0.57 \\ 75.13 & 81.27 & 89.66 & 101.79 & 116.15 \end{bmatrix}。$$

最终得出协调关系结果,见表 5。

表 5 2013—2017 年巫山县路网格局与土地利用协调关系最终结果数据
Tab. 5 Data on the final results of the coordination relationship between
Wushan county road grid bureau and land use from 2013 to 2017

参数	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
θ	1.420 7	0.781 3	0.789 7	1.001 4	1.873 5
排序	4	3	2	5	1

3.3.3 协调性分析 SE-DEA 协调模型计算结果中, θ 是路网格局与土地利用协调的标准,协调指数大于或等于 1 且输入和输出松弛变量均等于 0 时,则称对应年份,也就是决策单元有效,其中值与有效性成正比,值越大,有效性越强,故而协调性越高;而当协调指数大于或等于 1,但输入或者输出值不等于 0 时,该对应年份呈现弱有效性,也就是协调性低;当协调指数小于 0 或者输入输出值都不等于 0 时,称决策单元无效,也就是二者无协调关系。

综合得出(图 4),从 2013 年到 2017 年,巫山县区域路网格局和土地利用总体上实现了协调,在此期间,路网格局和土地利用相互关系随着年份增加,协调指数逐渐增大,从协调不太良好到 2013 年协调指数突破 1,达到相对协调;以 2013 年为拐点,二者的协调指数又跌回了不协调区间;从 2014 年开始稳步回升,尤其是 2016—2017 年,协调指数上升明显,从 2016 年的 1.001 4 上升到 1.873 5,二者的关系又达到了协调。结合区域路网格局和土地利用变化情况得出,路网格局对建设用地与耕地影响巨大,路网格局与土地利用成为影响区域协调发展因素之一。

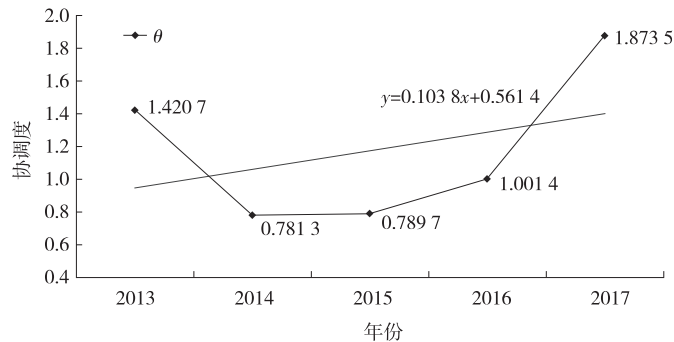


图 4 2013—2017 年巫山县路网格局与土地利用协调走向变化图

Fig. 4 2013—2017 Wushan county road grid bureau and land use coordination trend map

结合巫山县 2013—2017 年规划统筹文件综合分析得出,2013 年到 2014 年期间协调出现急剧下滑现象,通过分析指标数据得出,2014 年巫山县的公路客运量仅为 2013 年公路客运量的较少部分。随后 2014 年协调逐步回升,原因主要为巫山县近几年在土地利用集约化利用和山区路网建设相互协调发展。在 2016 年到 2017 年阶段,路网格局与土地利用协调指数急剧增加,原因归因于区域协调发展,协调发展带动区域经济稳步发展。

4 结论与讨论

路网格局影响区域交通的发展,交通发展状况影响区域土地利用,由此协调量化表示了路网格局和土地利用两者间的相互关系。本研究从巫山县路网格局、土地利用变化和两者协调关系 3 个方面对巫山县进行分析。通过研究巫山县交通可达性与通达性,得出了巫山县在 2013—2017 年间对路网进行了大幅度扩张,拓宽了路网服务区范围。2013—2017 年土地利用变化结果显示:巫山县耕地变化率最大,林地最小;整体土地利用效率较高。路网格局与土地利用 SE-DEA 模型结果显示:巫山县整体上表现为协调关系,路网格局对建设用地与耕地影响程度最大。本研究主要结果如下:

1) 巫山县交通可达性增强,路网建设加快。巫山县全局集成度交通可达性显示,2013 和 2017 年平均值分别为 0.45 和 0.59,可达能力整体上呈上升趋势。2017 年 D_s , D_p , D_n 均大于 2013 年, D_z 两年基本持平。2013 年通达能力高的区域较为集中,而 2017 年出现多个高通达能力区域,表明在此期间,巫山县路网进行了延展扩充,乡镇路网连接性与服务区范围得到扩张。

2) 巫山县土地利用效率整体上升,耕地变化最大。2013—2017 年巫山县耕地变化率最大,达到 20.65%,林地变化率最小,变化率仅 2.55%。2013,2017 年土地利用率为 98.93%,98.97%,可见巫山县 2013—2017 年土地利用处于逐步上升状态。

3) 巫山县路网建设对土地利用协调性,整体上呈上升趋势,对建设用地和耕地影响最大。2013—2017 年巫山县路网格局和土地利用总体上呈协调关系,2013—2017 年间,协调随年份增加而增加,从低协调指数突破模型高效率阈值点,达到相对协调程度。

本研究分析了公路格局与土地利用之间协调程度,探讨了交通与土地利用协调发展影响因素,结果可为区域协调发展、路网规划和推进生态文明建设提供科学的决策依据,对其他区域研究也具有借鉴价值。由于现有研究多集中于交通与城市土地利用方面研究,有关区县的研究较少,且尚无 SE-DEA 模型在道路与土地利用方面研究,因此本研究在这方面既是一个创新点,同时也是一个难点。本研究在交通指标体系构建方面,主要以公路可达性指标为主;而在后续研究中,指标尚需进一步完善,对指标选取的可行性、适宜性将进一步研究和探讨,将建立更合理、更完善和更有效的决策模型,以期在其他区域研究实现价值推广和借鉴。

参考文献:

- [1] HANSEN W G. How Accessibility shapes land-use [J]. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25(2): 73-76.
- [2] SCHNEIDER K S. Governmental response to disasters; the conflicts between Bureaucratic Procedure & Emergent Norm [J]. Public Administration Review, 1992, 52(121): 136-140.
- [3] MESHESHA T W, TRIPATHI S K, KHARE D. Analyses

- of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa Watershed Northern Central Highland of Ethiopia[J]. *Modeling Earth Systems & Environment*, 2016, 2(4): 1-12.
- [4] AWUH M E, OFFICHA M C, OKOLIE A O. Land-use/land-cover dynamics in calabar metropolis using a combined approach of remote sensing and GIS[J]. *Journal of Geographic Information System*, 2018, 10: 398-414.
- [5] FANCELLOB, UCCHEDDU B, FADDA P. Data envelopment analysis (D. E. A.) for urban road system performance assessment[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, 111: 780-789.
- [6] 谭峻, 苏红友. 北京区县功能区土地利用协调分析[J]. *地域研究与开发*, 2010, 29(4): 117-121.
- TAN J, SU H Y. Analysis of land use coordination in Beijing district county functional areas[J]. *Regional Research and Development*, 2010, 29(4): 117-121.
- [7] 闵婕, 汪洋, 白茹月, 等. 基于多目标适宜性的山地城市土地利用潜在冲突研究: 以重庆市綦江区为例[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 35(3): 82-89.
- MIN J, WANG Y, BAI R Y, et al. Research on the potential conflict of land use in mountainous cities based on multi-objective suitability: a case study of Qijiang district, Chongqing[J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2018, 35(3): 82-89.
- [8] 张玉玲. 北京市轨道交通与土地利用协调关系评价研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- ZHANG Y L. Research on the evaluation of the coordination relationship between Beijing rail transit and land use[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2017.
- [9] 马丹驯, 李满春, 金晓龙, 等. 面向土地利用总体规划的建设用地空间管制潜在冲突检测[J]. *水土保持通报*, 2018, 38(6): 298-303.
- MA D X, LI M C, JIN X L, et al. Detection of potential conflicts in construction land space regulation for overall land use planning[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2018, 38(6): 298-303.
- [10] 姜博, 初楠臣, 黎赞, 等. 高铁可达性与土地价值: 文献述评与展望[J]. *经济地理*, 2019, 39(7): 9-13.
- JIANG B, CHU N C, LI Y, et al. High speed rail accessibility and land value: literature review and prospect[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(7): 9-13.
- [11] 冯红霞. 山地区县交通与地形及土地利用协调方法研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- FENG H X. Research on coordination methods of transportation, terrain and land use in mountainous counties[D]. Xi'an: Chang'an University, 2014.
- [12] 胡金晓, 朱明, 濮励杰, 等. 交通道路对区域土地利用变化的影响研究进展[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(1): 205-214.
- HU J X, ZHU M, YI L J, et al. Research progress on the impact of traffic roads on regional land use change[J]. *Resources and Environment in the Yangtze River Basin*, 2018, 27(1): 205-214.
- [13] 汪洋, 祁鹏卫, 王力力, 等. 重庆市交通优势度时空格局演化分析[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 36(3): 129-138.
- WANG Y, QI P W, WANG L L, et al. Spatial-temporal pattern evolution of Chongqing's transportation dominance[J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2019, 36(3): 129-138.
- [14] 崔学刚, 方创琳, 张薏. 山东半岛城市群高速交通优势度与土地利用效率的空间关系[J]. *地理学报*, 2018, 73(6): 1149-1161.
- CUI X G, FANG C L, ZHANG Q. Spatial relationship between high-speed traffic dominance and land use efficiency of urban agglomeration in Shandong peninsula[J]. *Journal of Geography*, 2018, 73(6): 1149-1161.
- [15] 李京涛, 周生路, 吴绍华. 道路交通网络与区县土地利用时空耦合关系: 以南京市为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2014, 23(1): 18-25.
- LI J T, ZHOU S L, WU S H. Temporal and spatial coupling relationship between road traffic network and land use in districts and counties: taking Nanjing as an example[J]. *Resources and Environment in the Yangtze River Basin*, 2014, 23(1): 18-25.
- [16] 李雪婷, 师学义. 基于县域尺度的土地利用协调评价[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(S1): 132-135.
- LI X T, SHI X Y. Land use coordination evaluation based on county scale[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(S1): 132-135.
- [17] 李文翎, 阎小培. 城市轨道交通发展与土地复合利用研究: 以广州为例[J]. *地理科学*, 2002, 5: 574-580.
- LI W L, YAN X P. Research on urban rail transit development and land composite utilization: a case study of Guangzhou[J]. *Geosciences*, 2002, 5: 574-580.
- [18] 张乐勤, 陈素平, 陈保平, 等. 城镇化与土地集约利用耦合协调测度: 以安徽省为例[J]. *城市问题*, 2014(2): 75-82.
- ZHANG L Q, CHEN S P, CHEN B P, et al. Coordinated measurement of urbanization and land intensive use: taking Anhui province as an example[J]. *Urban Issues*, 2014(2): 75-82.
- [19] 袁振洲, 闫欣欣, 张野, 等. 带有偏好约束的控规单元用地与交通协调 DEA 模型[J]. *交通运输工程学报*, 2017, 17(6): 86-96.
- YUAN Z Z, YAN X X, ZHANG Y, et al. DEA model of control planning unit land use and traffic coordination with preference constraints[J]. *Journal of Traffic Engineering*,

2017, 17 (6): 86-96

- [20] 刘明皓, 付远颂, 关平, 等. 城市综合交通枢纽地下空间集约利用现状评价体系研究: 以重庆市沙坪坝铁路综合交通枢纽区域为例[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2018, 35(2): 135-143.

LIU M H, FU Y S, GUAN P, et al. Research on evalua-

tion system of intensive utilization of underground space in urban comprehensive transportation hubs: a case study of Chongqing Shapingba railway comprehensive transportation hub area[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2018, 35 (2): 135-143.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Study on Coordination Effects of Mountain Road Network Pattern and Land Use: Taking Wushan County, Chongqing as an Example

MU Fengyun, YANG Meng, LUO Ling, Long Qiuyue

(School of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: [Purposes] In order to cope with the conflicting effects of road network construction on land use and ecological environment in the mountainous areas, study its coordination, and provide scientific basis for improving the efficiency of land use and promoting the development of ecological civilization in the region. [Methods] Taking a typical mountainous area (Wushan County) as an example, according to the distribution of mountain road grids and land use changes in 2013—2017, a spatial syntax algorithm, traffic accessibility model, and super efficiency model (SE-DEA) were used and discussed the situation of regional land use transfer, and the degree of coordination between road network construction and land use. [Findings] 1) The coordination of road network construction with construction land was last, and the coordination with cultivated land and forest land was poor. From 2013 to 2017, Wushan County had the largest change in cultivated land, the smallest change in forest land, and the largest proportion of road network density in construction land. 2) The reachable range of traffic in Wushan County increased, and the average reachability increased from 0.45 to 0.59. It can be seen that the road network of Wushan County has been extended and expanded, and the road network connectivity and service area have been expanded. [Conclusions] The overall construction of road network and land use in Wushan County showed a coordinated relationship, and it showed an upward trend. The road grid bureau has the greatest impact on construction land and cultivated land, and its degree of coordination has become a factor restricting regional economic coordination and sustainable development.

Keywords: road network construction; land use; coordination; SE-DEA model; Wushan County

(责任编辑 许 甲)