

三峡库区重庆段城市空间扩展及形态时空演变研究^{*1}

刘婷¹ 赵伟^{2*} 张智红³ 曾亚² 张明²

(1. 重庆工商大学环境与资源学院, 重庆 400067;

2. 重庆工商大学旅游与国土资源学院, 重庆 400067;

3. 重庆农村土地交易所, 重庆 400011)

【摘要】:由于时代的局限性以及地理单元的独特性,以往城市空间结构理论的研究热点多集中于经济较为发达的东部地区或特大型城市,对于欠发达西部地区的中小城市关注不够。基于RS与GIS技术,通过1995年、2000年、2005年、2010年、2015年5期TM遥感影像提取城市建成区数据,利用城市空间扩展强度和速度指数、紧凑度、分形维数及形状指数对三峡库区重庆段20a间城市空间扩展及形态演变定量分析。得出以下结论及建议:(1)随着时间增长,城市空间扩展强度及速度总体呈上升趋势,紧凑度持续降低,城市建成区面积逐年递增,城市扩展极不稳定;(2)城市空间形态受重大事件影响易发生“突变”,随着时间的沉淀,空间形态再发生“整合”;(3)1997年重庆直辖以来,前10a的移民安置工程为城市形态的“突变”提供了良好契机。2007年之后,在经济发展作为城市空间扩展的核心动力支撑下,研究区城市扩展主流模式侧重于沿一到两个方向扩展,形成“一心两辅”的发展态势;(4)在未来城市发展规划中,应坚持可持续发展理念、合理规划用地布局,优化产业结构,加强环境保护,避免“边发展、边污染”的被动局面,同时结合自身交通运输条件的优势,在各个方向上形成依附在中心城镇周围的腹地并作为未来扩展的基础,构建副中心城市,将城市形态有序沿城市发展中心蔓延,形成“一核多翼”的发展态势。

【关键词】:三峡库区重庆段;城市扩展;城市空间形态

【中图分类号】:X321 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2017)09-1342-09

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201709006

城市空间形态是城市发展中物质形态和文化内涵两方面特征及其演变过程的综合表现^[1],直接反映了城市生产生活及合理发展方向、生态环境保护及与相邻腹地的联系程度等问题。经文献研究,目前主要有图面分析、数理分析、动态模拟分析等³

¹ 收稿日期:2017-06-07;修回日期:2017-08-09

基金项目:教育部人文社科项目(13YJCZH268) [Humanities and Social Science Foundation of the Education Ministry(13YJCZH268)];重庆市教委科技项目(KJ120726) [Technical Project of Chongqing Municipal Education Commission(KJ120726)];重庆工商大学研究生创新型项目(yjscxx2016-060-27) [Innovative Project of the Postgraduate in Chongqing Technology and Business University(yjscxxjysc2016-060-27)]

作者简介:刘婷(1992~),女,硕士研究生,研究方向为环境规划与管理。E-mail:1039124445@qq.com

***通讯作者** E-mail:21145291@qq.com

种研究城市空间形态结构的方法。其中“图面分析”首先由 K. Mc Garigal 提出,主要适应于研究城市、乡村、生态用地并存的区域^[2];“数理分析”以定量分析为主,主要应用于研究经济地理学,但在区域整体差异分析方面有所欠缺^[3, 4];“动态模拟分析”借助于 ENVI、Arc GIS 等专业软件,主要运用于预测城市在某一时间段内的空间结构变化趋势^[5]。在借鉴国外技术经验和研究成果基础上,八十年代起我国学者逐步对中国城市空间演变过程、扩展模式、形态的分类和扩展驱动机制等相关理论展开研究^[6]。宛素春^[7]提出中国特色的“城市空间形态”概念和研究内容,认为城市空间形态是对城市形态概念的延伸。张杜鹃^[8]在研究珠江三角洲城市群经济增长缓冲空间时,发现城市空间形态受现状和历史双重发展因素的影响。

由于时代的局限性以及地理单元的独特性,以往城市空间结构理论在新形势下并不能完全适应当下城市发展的变化规律,同时研究的热点多集中于经济较为发达的东部地区或特大型城市(如北京、天津、上海、广东等),对于欠发达西部地区的中小城市关注不够,对城市空间扩展与城市外部形态结构演变关系讨论的成果不多。

三峡库区作为我国重要的生态屏障,约 85%的库区面积分布在重庆范围内,三峡库区重庆段在城市化进程中,人口快速增长,加之复杂的地形及山水组合形式,使城市形态易发生突变和剧变。因此,本文以三峡库区重庆段为对象,结合城市空间形态演变理论,揭示库区城市空间形态演变的一般规律和特殊性,在新时代、新形势、新背景下十分必要。

1 研究区概况

三峡库区重庆段地处长江上游末端,东起巫山、西至江津、南到武隆、北抵开州^[9],地理范围在 28° 28' ~ 31° 44' N、105° 49' ~ 110° 12' E 之间,共涉及重庆市 22 个区县(图 1)。地形大势为东高西低,地形复杂,大部分地区山高谷深,岭谷相间。区内水系发达、雨量充沛,年平均降水量 1045~1140mm,冬暖秋早、夏热秋迟,植被类型丰富,各种自然资源优越^[9~11]。截止 2015 年,研究区总人口 3016.55 万人,地区生产总值 15717.27 亿元,全社会固定资产投资总额达 13223.75 亿元,第一产业、第二产业、第三产业比是 33:27:40。



图 1 研究区区位图

Fig. 1 Location of the Research Area

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源及处理

本研究在地理空间数据云平台选取 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年五期 TM 影像数据，通过 ERDAS9.3 对影像进行融合、镶嵌、辐射校正、裁剪、解译，提取出建成区栅格数据，并在 ArcGIS10.2.2 平台进行栅格转矢量，最后对各年数据进行相关空间分析、统计分析等。

2.2 研究方法

结合 GIS 空间分析方法对研究区城市空间扩展情况及形态特点定量测算，包括扩展强度指数、扩展速度、紧凑度、分形维度、形状指数、等扇分析等。

(1) 扩展强度及速度

扩展强度指某一区域在一定时期内的城市建成区增加的面积与区域土地总面积的比值 [12~14]。计算公式：

$$U_{i,t \sim t+n} = [M_{i,t+n} - M_{i,t}] / n / A_i \times 100\% \quad (1)$$

式中: $U_{i, t \sim t+n}$ 为行政单元 i 的城市扩展强度指数; $M_{i, t+n}$ 、 $M_{i, t}$ 分别为行政单元 i 在 $t+n$ 和 t 年的城市用地面积; A_i 为该行政单元的总面积; n 为研究时段。

扩展速度指数计算公式:

$$S = \Delta U_{ij} / (\Delta t_j \times UL_{ij}) \times 100\% \quad (2)$$

式中: S 为城市扩展速度指数; ΔU_{ij} 为时段行政单元 i 的城市用地扩展量; Δt_j 为 j 时段的时间跨度; UL_{ij} 为 j 时段初期行政单元 i 的建成区面积。

(2) 紧凑度

紧凑度是表现城市空间内部形态集中化程度的指标, 紧凑度越高, 建设用地离散程度越小^[15]。国内外学者对于紧凑度的计量方法多样, 其中以 Boyce and Clark 提出算法应用最为广泛, 计算公式为:

$$SCI = 2\sqrt{\pi A} / C \quad (3)$$

式中: SCI 为城市形态紧凑度指数; A 为建成区面积; C 为研究建成区周长。以圆为标准计量单位, SCI 值在 $0 \sim 1$ 之间, SCI 值越大城市形态越趋于圆形, 形态越紧凑。

(3) 分形维数

分形维数体现了城市建成区形状复杂程度, 反映了土地利用类型的变化情况和土地利用受各种外在因素影响的程度^[16]。计算公式为:

$$D = 2 (\ln(C/4)) / \ln A \quad (4)$$

式中: D 为城市形态分形维数, A 、 C 参照式 3, D 值在 $1 \sim 2$ 之间, 值越大城市形态越复杂, 越小城市边界越规则。当 $D < 1.5$ 时, 形状趋于简单; $D > 1.5$ 时, 形状趋于复杂; F 越接近于 1.5 , 稳定性越差, 当 $D = 1.5$ 时, 处于布朗随机运动状态^[17]。

(4) 形状指数

将城市形状与标准的圆形相比, 得到不同空间形状的指数值(即形状指数), 它主要反映了城市空间形状的变化情况, 代表了区域建成区内部的各部分相互联系的紧密程度^[18]。计算公式为:

$$SPS = \sum_{i=1}^n \left| \left(R_i / \sum_{i=1}^n R_i \right) \times 100 - 100/n \right| \quad (5)$$

式中:形状指数用 SPS 表示; R_i 为选取的区域内部的中心点到建成区周界的距离(即半径长度); n 为半径数量。SPS 值越小,城市空间形态越规则,城市区域的各部分之间联系越紧密。

(5)等扇分析法

指以研究区域的中心为圆心(可以是研究区域图形的几何中心或者是在地理位置或者经济活动方面对区域有着重要意义的地点),选取合适的半径建立圆形缓冲区,并按照不同方向将缓冲区分割成若干相等的扇形区域,运用 GIS 的叠置分析功能,得到不同时期各扇形区内建成区面积,并计算其扩展强度。

3 结果与分析

3.1 建成区规模时空变化特征

3.1.1 建成区面积时空序列变化

由于研究区跨度范围广、涉及面积大,特将其分西部、中部和北部片区。西部片区指以渝中为中心的主城九区及江津片区;中部片区指以涪陵为中心的长寿、丰都、武隆、石柱、忠县片区;北部片区指以万州为中心的开州、奉节、云阳、巫溪、巫山片区。

如图 2、图 3 所示,研究区 1995~2015 年建成区面积呈上升趋势,1995 年研究区城市较为分散,建成区总面积 292.92km²,2015 年建成区总面积 1140.74km²,增加 847.82km²,增量是基期的 3 倍。从 3 大片区看,1995~2015 年间西部片区各时段建成区面积最大,但增长率最小,平均占建设用地总规模的 70%左右,是城市发展的核心区域,研究区城市形态呈“一心两点”的空间布局模式。

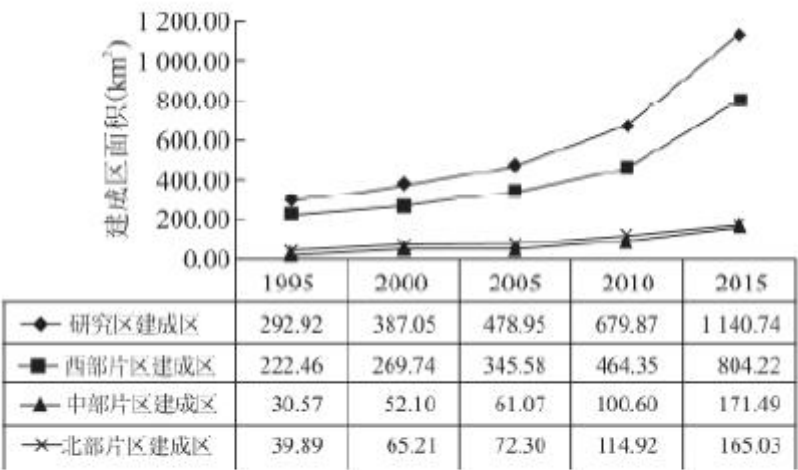


图 2 研究区 1995~2015 年建成区面积变化

Fig. 2 Built-up Area of the Research Area from 1995-2015

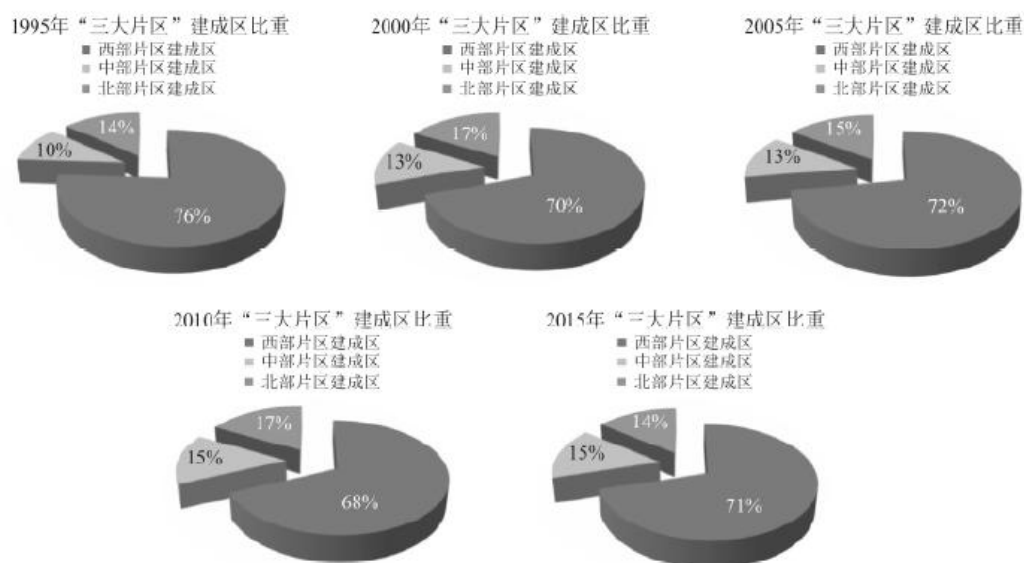
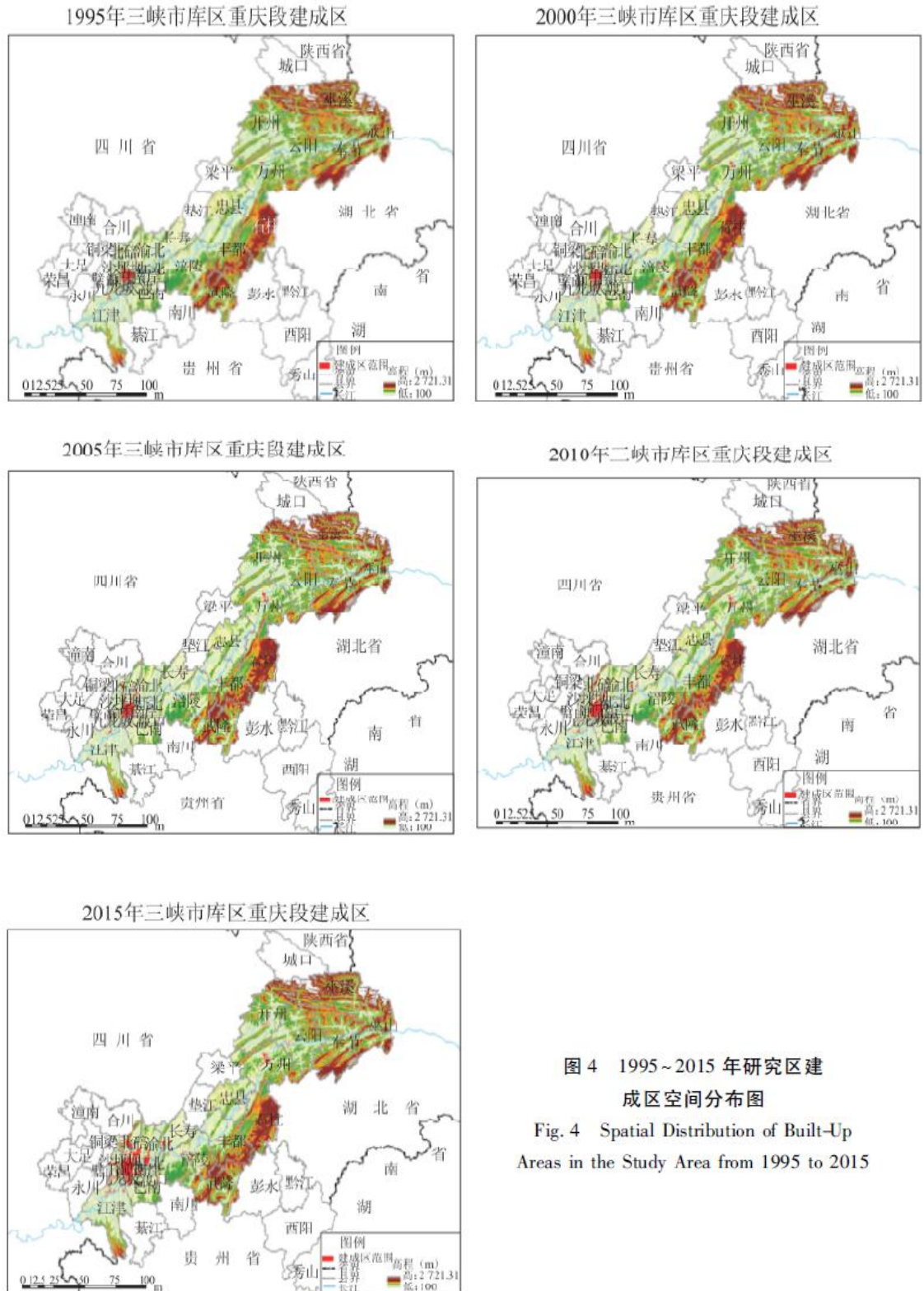


图3 1995~2015年“三大片区”建成区面积比重

Fig. 3 Built-up Areas in “Three Large Area” from 1995 to 2015

从扩展方向上看，如图4所示，1995~2005年间西部片区建成区主要集中在中梁山以东、铜锣山以西，并未跨越两山，分布在以渝中区为中心点，半径为9km的圆心区域内。中、西部片区建成区分布较为分散，除万州、巫溪外，其他各区县均在长江沿线逐步扩展；2005~2015年间，西部片区仍以渝中为中心，东西向逐渐跨越中梁山和铜锣山，抵达明月山和缙云山，位于南部的江津区与主城区逐步靠近。中部片区建成区扩张随时间变化，逐步向主城区靠拢。北部片区以万州区为中心逐步靠拢。3大片区城市轮廓总体沿长江以北快速扩张。



3.1.2 扩展强度和速度分析

如图 5 所示，1995~2005 年间城市扩张较为缓慢，扩张强度值为 0.04 左右，扩展速度处于一个低速增长状态。2010~2015 年间城市扩展速度高速增长，扩展强度值达到 0.2，约为前 10a 的 2 倍，是城市快速发展时期，是 20a 来城市经济社会快速发展的前提。

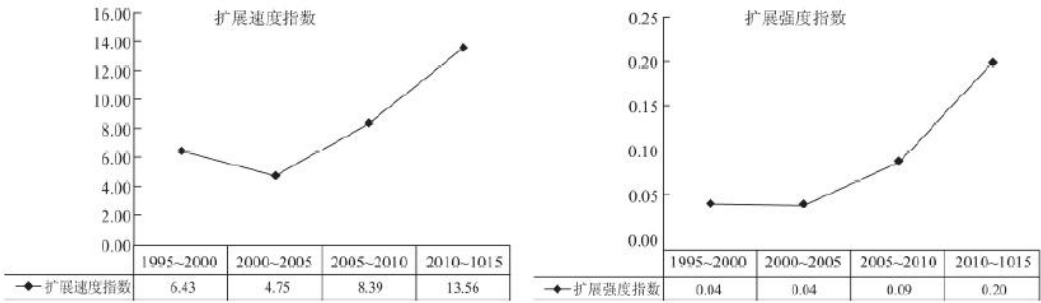


图 5 1995~2015 年城市扩展强度及速度
Fig. 5 Speed and Intensity of Urban Expansion from 1995 to 2015

直辖初期，重庆市政府工作重心为库区移民安置，城市扩展速度较为缓慢。2007 年，随着移民工作全面完成，政府大力发展经济建设，先后设立“城乡统筹示范区”、“两江新区”、“北部新区”等开发区，为建成区的扩展提供了良好契机，2010~2015 年间经济增长迅猛，人均 GDP 高于全国水平，这与城市扩展的速度及强度相辅相成。结合图 2 数据，20a 间建成区面积增长了将近 4 倍，2015 年达到 1140.74km²，城市扩展强度与扩展速度与图 5 吻合。

3.2 城市空间形态变化特征

3.2.1 紧凑度分析

从整体上看，1995~2015 年城市形态紧凑度持续降低，城市用地离散度逐年升高，城市形态较为离散。由于研究区范围较广，计算结果相对较小，紧凑度指数均小于 0.1。2005 年之前，紧凑度指数变化幅度较小，1997 年重庆直辖后，城市发展速度有所提高，但短时间内变化并不明显。由于移民安置工作的逐步推进，2005 年之后，紧凑度下降相对较快，2010 年 6 月，国家级开发区“两江新区”正式挂牌成立，重庆又迎来新一轮的发展高潮，在后续经济建设的大力刺激下，城市用地紧凑度迅速降低，到 2015 年达到最低。

从 3 大片区看，如图 6 所示，虽然西部地区城市用地面积最大，但紧凑度最低，反而看似离散的北部地区紧凑度最高。2005 年之后，持续升温的“房地产热”、“大学城热”双重驱动下，城市用地朝多元化发展，紧凑度势必下降。

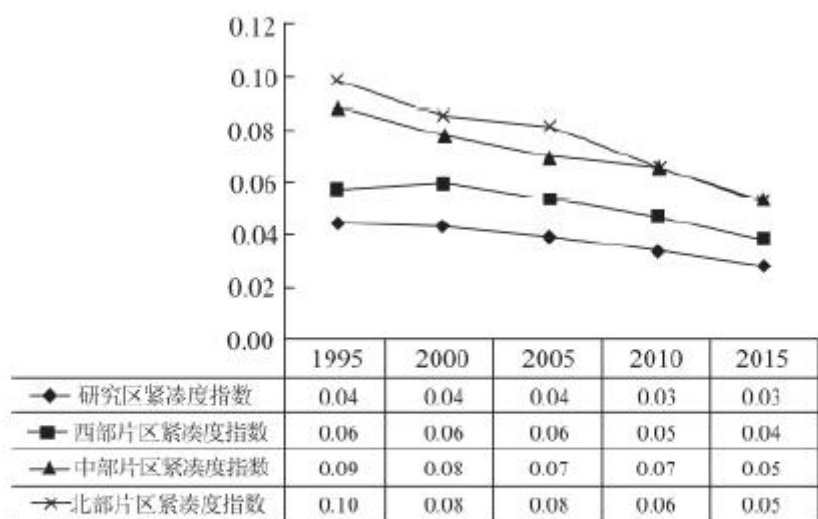


图 6 1995~2015 年城市形态紧凑度

Fig. 6 Compactness of Spatial Morphologic from 1995 to 2015

3.2.2 分形维数分析

城市扩展的空间填充能力和建成区边界形态的规则程度由分形维数体现。从整体上看,1995~2015 年间,分形维数均在 1.5~2 之间,除 1995 年外,其他各年值均为 $1.83 > 1.5$,城市形态趋于复杂。不规则程度呈下降趋势,而城市建成区面积逐年递增,说明城市扩展并不稳定。由于重庆市特殊的地形地貌,城市拓展严重受限,城市形态以建成区边缘间填充为主,扩展边界曲折,轮廓复杂。

从 3 大片区看,如图 7 所示,中、西部片区分形维数均随时间变化呈下降趋势,1995 年指数值分别是 2.00、1.80,2015 年分别是 1.88、1.77,城市形状逐渐规则;而北部片区分形维数值在 1995~2005 年呈下降趋势,2005~2015 年又逐步上升,城市形状离散度增高,建成区以外部扩张为主。

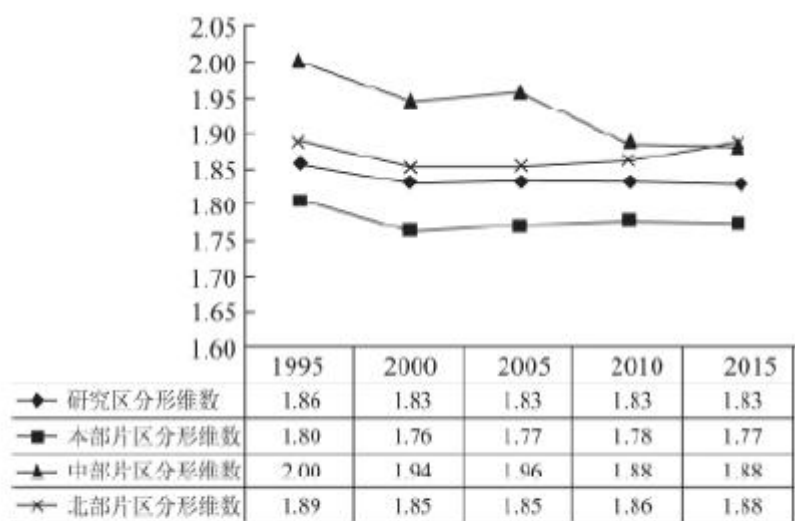


图 7 1995~2015 年城市形态分形维数
Fig. 7 Fractal Dimension of Spatial Morphologic
from 1995 to 2015

3.2.3 形状指数分析

形状指数反映了城市空间形态分布的离散程度，值越趋近于 0，城市用地图斑分布越紧凑；指数越大，形态分布越离散。据相关学者研究^[16]，主要有 10 种规则图形的城市形态模式(表 1)。

表 1 10 种规则图形及其形状指数

图形	形状指数	形状	形状指数
圆形	0.00	横矩形	33.04
正八边形	2.06	星形	34.85
菱形	9.65	H 形	49.71
正方形	9.66	扇矩形	59.88
竖矩形	25.29	X 形	66.37

考虑到经济和地理环境的影响，选取长江与嘉陵江的交汇处(朝天门)为研究区和西部片区的优势点，选取涪陵和万州的中心城区为中、北部片区的优势点，具有相等角度差的辐射半径数量均为 32(n=32)，定量测算研究区 1995~2015 年城市扩展的形状指数。

从整体上看, 1995~2015 年间形状指数均大于 80, 城市扩展形状均属于不规则图形, 发展模式较为粗犷。其中, 1995 年、2000 年指数值分别为 88.87、94.90, 10a 间形状指数增加了 6.03, 属于粗放式扩展模式; 2000 年以后, 指数值逐年降低, 由 94.90 降低至 81.28, 15a 来城市扩展以内部填充、朝集约式扩张。

从 3 大片区看, 西部片区城市形态经历 10 种规则图形中的扇矩形、H 形、星形 3 大形状变化。1995~2005 年形状指数由 60.34 降低至 44.89, 城市形状由扇矩形向 H 形变化。2005~2015 年, 指数降低至 36.64, 形态由 H 形向横矩形过渡, 逐步向集约式发展; 中部片区形状指数逐年降低, 1995~2015 年值分别是 118.30、105.15、100.63、79.14、60.18, 城市形态极不规则, 在 2010~2015 年逐步由 X 形向扇矩形转变; 北部片区, 各时段形状指数均高于中、西部片区, 城市建成区板块极其离散, 形状指数逐年降低(图 8)。

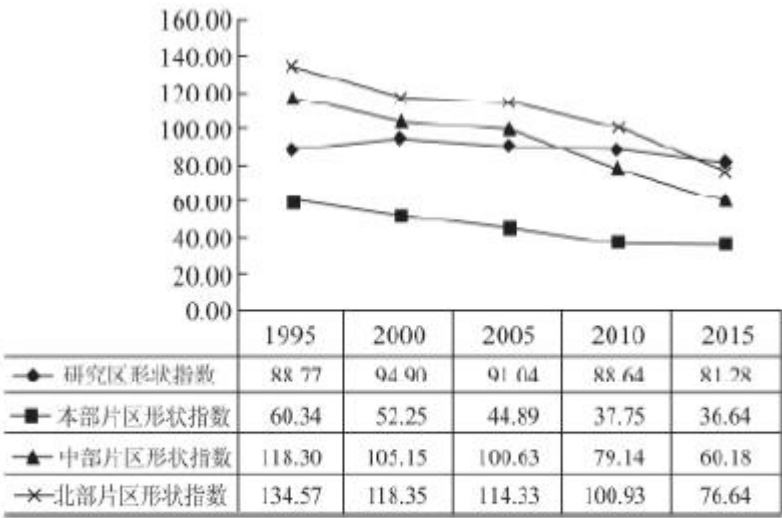


图 8 1995~2015 年城市扩展形状指数

Fig. 8 Shape Index of Urban Expansion

3.2.4 城市扩展的各向异性分析

城市扩展空间向异性分析是对城市形态发展预测的前提, 选取渝中区朝天门为中心, 选取适当半径使其包括所有建成区, 采用等扇形法提取中心点 16 个方位的建成区面积, 定量测算各时间段城市扩展强度的平均值、标准差等指数(表 2), 运用雷达图直观体现研究区 1995~2015 年城市空间扩展的各向异性, 分清城市扩展的主导方向(图 9~图 13)。

表 2 各时段城市扩展强度指数差异统计表

年份	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
平均值	0.26	0.25	0.48	1.23
中位数	0.15	0.24	0.25	0.75
标准差	0.42	0.14	0.72	1.44
方差	0.17	0.02	0.52	2.07
偏度	3.60	0.25	2.01	2.71

最小值	0.01	0.06	0.00	0.11
最大值	1.82	0.50	2.71	6.16

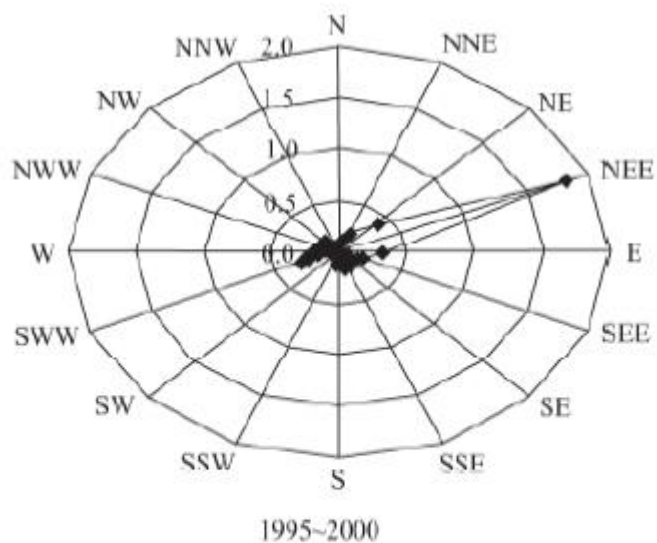


图 9 1995~2000 年城市扩展方向
Fig. 9 Urban Expansion Direction from
1995 to 2015 from 1995 to 2000

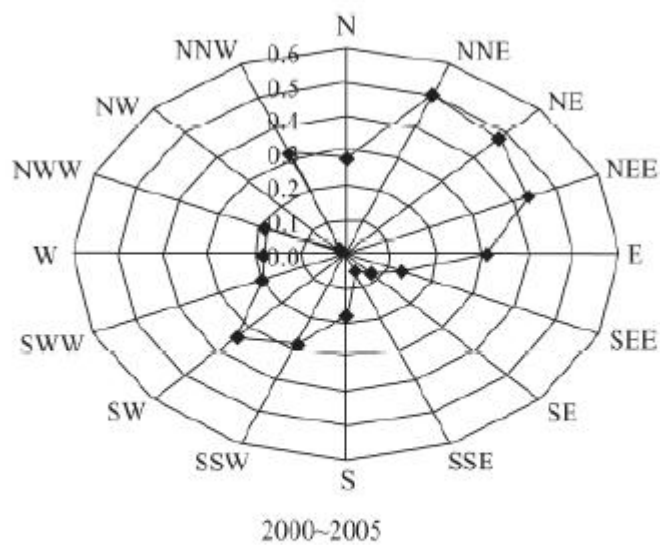


图 10 2000~2005 年城市扩展方向
Fig. 10 Urban Expansion Direction from 2000 to 2005

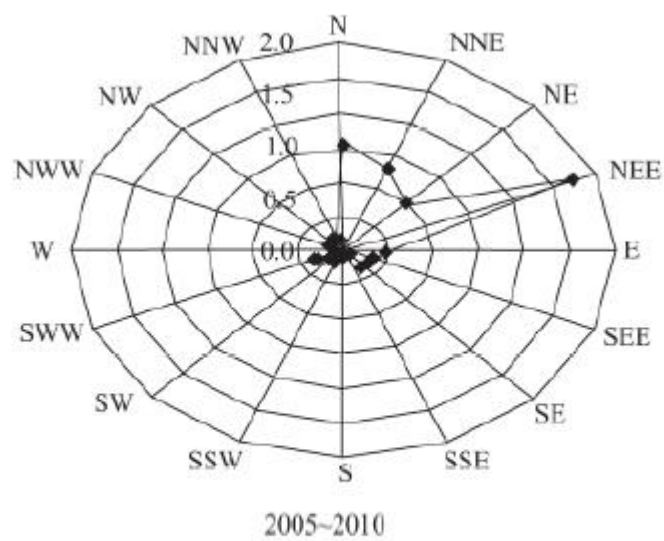


图 11 2005~2010 年城市扩展方向

Fig. 11 Urban Expansion Direction from 2005 to 2010

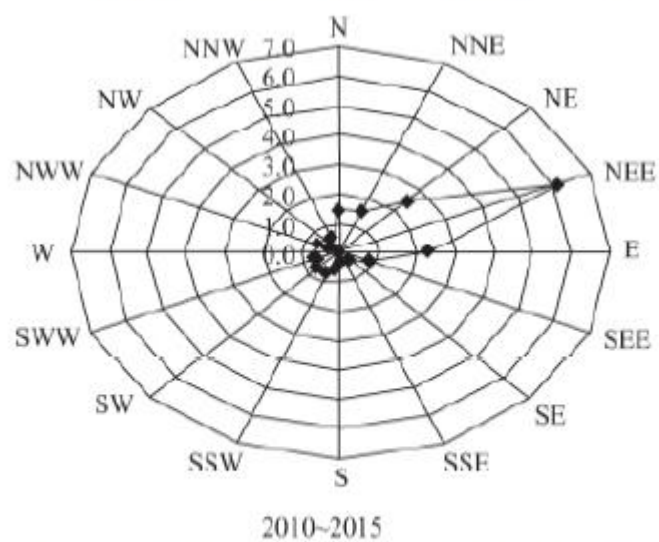


图 12 2010~2015 年研究区城市扩展方向

Fig. 12 Urban Expansion Direction from 2005 to 2010

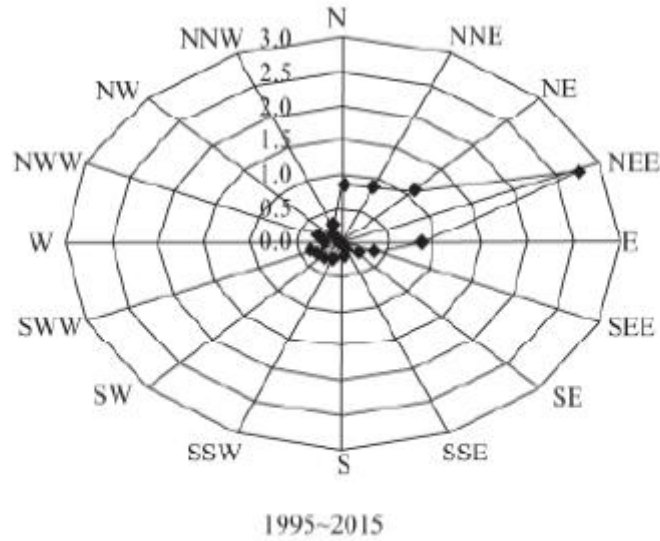


图 13 1995~2015 年研究区城市扩展方向
Fig. 13 Urban Expansion Direction from 1995 to 2015

1995~2000 年间，研究区 16 个方位建成区扩展强度平均值为 0.26，标准差为 0.42，城市扩展主导方向为 NEE，次要方向为 NE 和 E，且两个方向基本沿 NEE 对称；2000~2005 年间，由于重庆市对于三峡移民安置工作的大力推进，城市空间形态发生突变，离散度较高，空间向异性十分明显，此时扩展强度平均值较前 5a 仅下降 0.01，但标准差却降低了 0.28，城市拓展主导方向有 NNE、NE、NEE、次要方向有 E、N、SW；2005~2010 年间，各方向城市扩展强度指数平均数达到 0.48，是前 10a 的两倍，标准差为 0.72，离散程度是分别是第一、二时期的两倍和 5 倍，主要扩展方向为 NEE，次要方向为 N、NE、NNE；移民工程完成后，在经济建设迅速崛起的强大刺激下，2010~2015 年间，各方向扩展强度指数平均数高达 1.23，标准差为 1.44，扩展强度和离散程度都达到了研究时段最高，几乎都是第一时段的 5 倍，这一时期区域内的主要扩展方向为 NEE，次要方向为 NE、N，几乎沿 NEE 呈中心对称，与 1995~2000 年间的发展方向和扩展模式基本相同，沿长江内部填充式发展，城市轮廓边界并没有突破，但是扩展强度远远高于第一时段。

山地城市地形及资源禀赋差异较大，城市扩展受到一定程度阻碍，扩展方向差异性较大，但事实表明人类活动对土地利用的转变及动态影响较大，跨越高山大河的城市建设逐步成为现实，城市空间形态受重大事件影响易发生“突变”，随着时间的沉淀，空间形态再发生“整合”。

4 结论与建议

(1) 基于对多时段时间序列城市扩展分析表明，随着时间增长，研究区城市空间扩展强度及速度总体呈上升趋势，紧凑度持续降低，城市建成区面积逐年递增，城市扩展极不稳定。

(2) 城市空间形态特征呈现阶段性变化，城市空间形态受重大事件影响易发生“突变”，随着时间的沉淀，空间形态再发生“整合”。1997 年重庆直辖以来，前 10a 的移民安置工程为研究区城市形态的“突变”提供了良好契机，2007 年之后，地方政府在“以经济建设为中心”的思想指导下奉行 GDP 导向的政绩观，城市化进程加快，区域竞争压力增大，经济发展形式呈现多元化模式，各种开发区、工业园区、高新区等不同产业功能的聚集区不断出现，形成“开发区热”。然而不同类型产业对区位及用地要求的不同促使城市空间形态朝多方向发展，不可避免带来一定程度的不规则性。

(3)在经济发展作为城市空间发展的核心动力的支撑下,研究区城市扩展主流模式侧重于沿一到两个方向扩展,形成“一心两辅”的发展态势。近年来,研究区已经形成了以高铁动车为主体、以高速公路、国道、省道为依托、以航空、水运为辅助的陆海空一体化式的交通运输体系,实现了城市内部及外部能力流动及社会沟通,为城市形态扩展作出了巨大贡献,特别是渝万高铁的开通,迅速加快了“西—中—北”3大片区的联系,较大程度地加快了中部及北部地区城市扩展力度,引导了城市的空间形态发展方向。

(4)城市作为一个有机生命体,是经济社会活动的载体,城市生态环境健康与否很大程度影响了城市形态的发展,而形态的变迁同时也会影响到城市中的物质循环以及未来节能减排的效果。在未来城市发展规划中,应坚持可持续发展理念、合理规划用地布局,优化产业结构,加强环境保护,避免“边发展、边污染”的被动局面,同时结合自身交通运输条件的优势,在各个方向上形成依附在中心城镇周围的腹地并作为未来扩展的基础,构建副中心城市,将城市形态有序沿城市发展中心蔓延,形成“一核多翼”的发展态势。

参考文献:

- [1] 刘青吴. 城市形态的生态机制 [J]. 城市规划, 1995(2): 20—21.
- 【LIU Q W. Ecological mechanism of urban morphology [J]. Urban planning, 1995(2): 20—21.】
- [2] MCGARIGAL K, MARKS B J, FRAGSTATS: Spatial analysis program for quantifying landscape structure [R]. USDA Forest Service-General Technical Report: 1995: 686—696.
- [3] MARC ANTROP. Landscape change and the urbanization process in Europe [J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 67(1—4): 9—26.
- [4] BRUCE ANDERSON, W E, WATT, J K CHEN, et al. Urbanization, landuse, and water quality in Shanghai: 1947—1996 [J]. Environment International, 2003, 29 (5): 649 —659.
- [5] LEAO S, BISHOP I, EVANS D. Simulating urban growth in a developing nation' s region using a cellular Automata-based mode [J]. Journal of Urban Planning and Development-ASCE, 2014: 145—158.
- [6] 朱晓华, 李加林, 杨秀春, 等. 土地空间分形结构的尺度转换特征 [J]. 地理科学, 2007, 27(1): 58—62.
- 【ZHU X H, LI J L, YANG X C, et al. Scaling Character of Spatial Structure of Land Use [J]. Scientia Geographica Sinica, 2007, 27 (1): 58—62.】
- [7] 宛素春. 城市空间形态解析 [M]. 北京: 科学出版社, 2003, 28(5): 11—13.
- 【WAN S C. Analysis of Urban spatial morphology [M]. Beijing: Science Press, 2003, 28(5): 11—13.】
- [8] 张杜鹃, 刘科伟. 基于 USIS 的珠江三角洲城市群经济增长缓冲空间分析 [J]. 地理科学进展, 2009, 28(2) 259—263.

【ZHANG D J, LIU K W. The ubuffer spatial analysis on economic growth of the Pearl River Delta Urban agglomerations based on UGIS [J] . Progress in geography, 2009, 28 (2) :259—263. 】

[9] 郭渠, 罗伟华, 程炳岩, 等. 三峡库区暴雨时空特征及其与洪涝的关系 [J] . 资源科学, 2011, 38 (8) : 1513 — 1521.

【GUO Q, LUO W H, CHENG B Y, et al. Spatial-Temporal Characteristics of Rainstorm and Its Relationship with Flood in the Three Gorges Reservoir [J] . Resources Science, 2011, 38(8) : 1513—1521. 】

[10] 刘春霞, 李月臣, 杨华, 等. 三峡库区重庆段生态与环境敏感性综合评价 [J] . 地理学报, 2011, 66(5) : 631 —642.

【LIU C X, LI Y C, YANG H, et al. RS and GIS-based Assessment for Eco-environmental Sensitivity of the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing [J] . Acta Geographica Sinica, 2011, 66(5) : 631—642. 】

[11] 王福海, 周启刚, 杨霏, 等. 三峡库区 2010 年度土地利用现状分析 [J] . 水土保持研究, 2013, 20(5) : 221 —231.

【WANG F H, ZHOU Q G, YANG F, et al. Research for the Land Use Status of Three Gorges Reservoir Area in 2010 [J] . Research of Soil and Water Conservation, 2013, 20 (5) :221—231. 】

[12] 姜博, 王媛, 魏超, 等. 城市土地利用扩展的驱动因素与空间扩展模式研究 [J] . 干旱区资源与环境, 2014, 28(7) : 235—241.

【JIANG B, WANG Y, WEI C, et al. Research on city land use expansion driving factors and spatial expansion mode [J] . Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(7) : 235—241. 】

[13] 裴杰, 王力, 柴子为, 等. 基于 RS 和 GIS 的深圳市土地利用/覆被变化及碳效应分析 [J] . 水土保持研究, 2017, 24(3) . 227—233.

【PEI J, WANG L, CHAI Z W, et al. Land Use /Cover Chang and Carbon Effect in Shenzhen City Based on RS and GIS [J] . Research of Soil and Water Conservation, 2017, 24 (3) . 227—233. 】

[14] 张雪茹, 姚亦锋, 孔少君, 等. 南京市 2000 ~ 2014 年城市建设用地变化及驱动因子研究 [J] . 长江流域资源与环境, 2017, 26 (4) 552—562.

【ZHANG X R, YAO Y F, KONG S J, et al. The analysis on urban cos truction land change and driving forces in Nan Jing from 2000 to 2014 [J] . Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 24(6) . 552—562. 】

[15] 田柳, 陈江龙, 高金龙. 城市空间结构紧凑与土地利用效率耦合分析——以南京市为例 [J] . 长江流域资源与环境, 2017, 26(1) 26—34.

【TIAN L, CHEN J L, GONG J L. Research of Coupling Relationship of Urban Spatial Structure Compactness and Land use Efficiency: A Case Study of Nan Jing [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 24(1) : 26—34. 】

[16] 尚正永, 张小林, 周晓钟. 基于 RS /GIS 的城市空间扩展与外部形态演变研究——以江苏省淮安市为例 [J]. 经济地理, 2012, 32(8) : 64—70.

【SHANG Z Y, ZHANG X L, ZHOU X Z. Study on Urban Spatial Expansion and External Morphology Evolution Based on RS /GIS: A Case of Huai' an City [J]. Economic Geography, 2012, 32(8) : 64—70. 】

[17] 潘竞虎. 戴维丽. 1990 ~ 2010 年中国主要城市空间形态变化特征 [J]. 经济地理, 2015, 32(1) : 44—52.

【PAN J H, DAI W L. Spatial-Temporal Characteristics in Urban Morphology of Major Cities in China during 1990—2010 [J]. Economic Geography, 2015, 32(1) : 44—52. 】

[18] 张治清. 贾敦新. 邓仕虎, 等. 城市空间形态与特征的定量分析——以重庆市主城区为例 [J]. 地理信息科学学报, 2013, 15(2) : 297—306.

【ZHANG Z Q, JIA D X, DENG S H, et al. Quantitative Research of Urban Spatial Morphology: A Case Study of the Main Urban Zone of Chongqing [J]. Journal of Geo-Inform Ation Science, 2013, 15(2) : 297—306. 】