

都江堰城市空间形态演变周期性特征及其驱动机制

杨勇^{1,2} 邓伟¹ 张继飞¹ 吴雪玲^{1,2}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 以都江堰市 1980—2011 年期间的建成区各年份的土地利用数据和社会经济数据为基础, 借助城市周期扩张理论和分形理论, 以 GIS 技术为支撑, 揭示了都江堰城市形态演化的周期性、过程和机制。研究表明: 1. 都江堰城市形态演变遵循“外部扩张, 内部填充”的周期扩张规律, 演变周期为 12~13 a, 下一阶段将进入以内部填充为主的发展阶段; 2. 都江堰城市形态具有明显的分形特征, 形态演变与所处的发展周期阶段有关; 3. 居住用地扩张是城市演变的内生因素, 公共绿地空间分布不均衡, 破碎化现象严重。4. 都江堰城市形态主要受自然地理环境、经济发展、城市规划以及不可抗拒自然灾害的明显影响。

关键词: 最低成本-周期扩张模型; 城市形态; 土地利用; 都江堰

中图分类号: K901.8

文献标志码: A

城市形态作为城市物质文化要素相互作用关系的物质空间反映, 一直是城市地理学的重要研究内容。国内外对城市形态的研究已从传统的形态特征描述发展到研究城市形态发展的深层次结构——社会文化结构、经济技术结构、政策结构以及研究所服务的核心主体——人的研究(包括人的价值、认知、情感等与城市形态的关系), 研究重点包括城市边界形态^[1]、用地结构^[2-3]、演变特征^[4-5]以及驱动机制分析^[5-7]。具有代表性的研究方法有分形理论^[8-9]、网络拓扑-句法分析^[10]、动态模拟^[11-13]、环境-行为分析法等。综观国内学者对城市形态的研究, 理论研究较多, 实证研究相对较少, 对外部城市形态的分形研究较多, 而对城市形态内部土地利用类型的分形研究相对较少, 研究对象主要集中在平原城市如北京、上海、广州等大城市, 对山地城市形态研究较少。

城市形态学相关领域在山地城市的空间形态与演变特征方面的研究甚少, 现有研究成果主要集中在山地城市形态演化阶段的划分, 以及对相应阶段的解释性模型, 对其自身发展的周期性特征分析研究不多。山地城市具有和平原城市迥然不同的空间形态和形成过程^[14], 其受自然地理条件影响大, 城

市发展空间受限, 人地关系矛盾突出, 城市发展需要正确处理好经济-文化-资源-生态环境之间的关系。本文以都江堰城市为研究对象, 研究中通过引入最低成本-周期扩张理论分析城市发展周期性特征, 研究不同发展周期下城市形态演变规律及其驱动机制, 研究具有一定的创新性和实践意义。本研究通过运用相关度分析和分形维法, 定量刻画都江堰城市周期和城市形态变化规律, 研究对于梳理城市发展脉络, 准确把握城市发展方向、科学进行城市规划等诸多方面, 有着重要的现实意义, 同时也希望能丰富山地城市研究的相关理论。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区概况

都江堰位于四川省中部, 成都市西北角, 岷江上游, 以著名的都江堰水利工程和道教圣地青城山闻名于世。都江堰城市依山傍水, 以水兴城, 城市西部为岷江, 北部为川西高原, 处于平原和山地的交接地带。城市位于山前冲洪积平原, 城市形态受自然地理条件影响大, 大致呈扇形(图 1), 具有一般平原城市和典型山地城市的特征, 因此研究其形态演变和

收稿日期(Received date): 2013-01-31; 改回日期(Accepted): 2013-03-25。

作者简介(Biography): 杨勇(1988-), 男, 四川泸州人, 硕士研究生, 主要从事城市土地利用研究。[Yang Yong(1988-), male, borned in Luzhou, Sichuan, Graduate student, majoring in urban land use.] E-mail: younglike@126.com

驱动机制具有典型性和指导意义。

1.2 数据来源

本文以1980年、1990年、2003年、2008年以及2011年都江堰城市建成区(以下简称都江堰城市)的遥感影像、地形图、土地利用现状图(2003年、2008年和2011年)为空间数据,分析其1980—2011年期间的空间形态演化规律,以各年份统计年鉴和其他相关资料为基础分析城市形态演变周期和驱动机制。通过遥感影像和地形图提取各年份都江堰城市建成区扩展图(见图1),运用成熟的分形理论定量测度城市整体形态的分形维数,利用GIS空间分析方法分析城市内部空间结构变化规律,并采用定性分析和定量分析相结合分析城市形态演化的驱动机制。

1.3 研究方法

1.3.1 城市最低成本—周期扩张理论

城市经济活动具有不连续性^[15],这种不连续性加剧城市功能与空间形态的矛盾运动,促成城市空间重构以适应经济活动的需求^[16]。城市空间重构表现为城市土地用途转型,而城市土地用途转型的经济驱动力与地租之间的矛盾关系与城市土地利用格局演化之间又存在因果联系^[17]。故城市形态演化是土地利用成本最低化扩张模式的最终结果,城市空间演变格局遵循“外部扩张,内部填充”相互交替的组织原则,即最低成本—周期扩张规律。

最低成本—周期理论认为,周期内城市形态运动可分解为低密度的外延扩张和高密度的内部填充两个过程^[17]。在城市扩张期,政府大规模公共投资降低了基础设施成本,受资本化效应影响,郊区土地具有价格比较优势,城市经济活动采用低成本的土地来换取高投入要素的外生斯密式生产模式^[17],城市土地利用规模强度高,低密度高速外延扩张成为公共投资强化下城市形态演变的外在表征。在城市内部填充期,政府公共投资减少,郊区土地使用成本上升,理性经济人选择利用高密度的土地利用模式替代低密度的土地利用模式,以期降低交通运输、通勤等成本。城市发展模式表现为高密度内部填充:1. 利用其他可替代要素或方式代替高昂的土地使用成本,例如提高容积率、降低单位产出土地费用支出等内生增长模式^[18];2. 利用城内的便捷区位以节约交通和物流成本,抵消内城土地租金支出。因此在这种公共投资弱化下的高密度内部植入与再植入发展模式下,随着公共投资强度逐渐降低,土地利用效

率强度迅速攀高,城市空间形态转向内部植入填充阶段。

城市扩张的周期可以通过计算城市公共投资强度、土地利用规模强度和土地利用效率强度三者之间的相关度来确定^[17]。当公共投资强度与土地利用规模强度之间为显著正相关时,城市空间形态以外部扩张为主;当二者不显著正相关,但公共投资强度和城市土地利用效率强度之间为显著正相关时,城市空间形态演化以内部填充为主。通过波频分析技术可确定城市在市场经济活动下的发展周期,但政府干预(如城市规划)以及突发性自然灾害会扰乱城市形态的自组织规律。

1.3.2 城市形态分形理论

分形理论为量化的描述城市结构和形态研究的复杂性提供一种有效的描述语言^[19]。目前常用的分维数计算方法有三种:网格计数法、回旋半径法和边界维法。根据刘明华等人对城市土地利用分维数计算方法的建议^[3],本文将采用网格计数法来计算都江堰市的土地利用分维数,具体过程如下:将城市建成区用一定尺寸(不妨设为 r)的网格覆盖起来,计算某种用地如工业用地占据的网格数目 $N(r)$,固定整个网格的边框,改变网格的尺寸 r ,本文采用 $\frac{r}{2}$ 为尺度进行分割,则 $N(\frac{r}{2})$ 随之改变,如果工业用地的空间分布是分形的则可用下式定义其分维如下

$$N(r) \propto r^{-D} \quad (1)$$

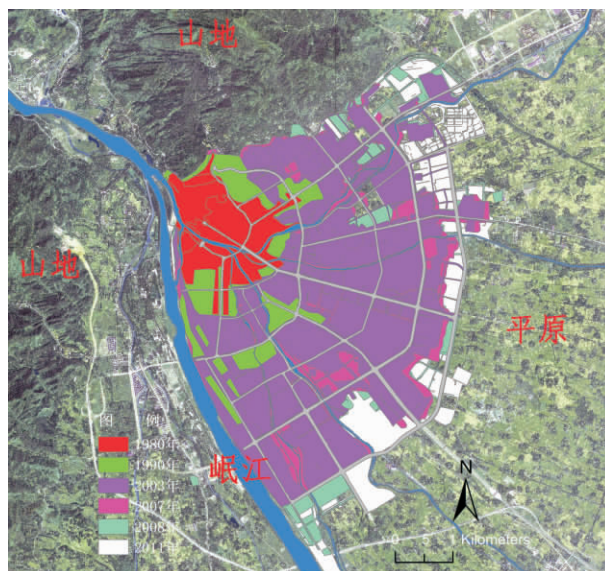


图1 都江堰城市形态演化的时空轨迹

Fig. 1 The evolution track of urban morphology of Dujiangyan

显然(1)式满足标度不变性, D 即为该用地类型的分维数, 如果存在分形特征则网格尺度 r 与非空网格数目 $N(r)$ 之间应服从(1)式的负幂指数关系^[20]。

2 城市发展周期

本研究以都江堰城市 1980—2011 年期间的统计数据为基础, 测算土地利用规模强度、土地利用效率强度与公共投资强度¹⁾之间的相关度。相关度计算采用的是戴氏灰色关联法, 该方法和 Person 相关系数的区别在于: Person 相关系数为全时段, 要求数据在 20 条以上才比较稳健, 而戴氏灰色关联法对数据量的要求相对较低。对于单一年份的相关度, 计算时通过建立滑动窗口, 以其前面连续年份的相关数据为基础(如计算 1980 年的相关度, 则以 1970—1980 年的数据来计算得到), 通过计算其戴氏灰色关联度得到其相关度。滑动窗口的大小需要多次计算才能得到较为理想的结果, 通过多次计算采用 8 a 为窗口得到如图 2 所示的相关度, 以此来划分都江堰城市形态演化的周期。

都江堰城市空间形态基本是以“外部扩张, 内部填充”交替发展的, 上一周期内部填充的结束, 孕育着下一周期外部扩张的开始。根据城市最低成本—周期扩张理论的周期确定原则, 可将 1980—2011 年期间的城市发展划分为两个完整周期 1980—

1992 年和 1992—2005 年, 以及一个外向扩张期 2005—2011 年, 都江堰城市形态演化周期大概为 12 ~ 13 a。由图 2 可知 2011 年公共投资强度和土地利用规模强度相关度已经明显减弱, 二者相关度即将进入负相关时期, 而公共投资强度和土地利用效率强度之间的相关度仍将保持正显著相关。因此, 下一阶段都江堰城市发展即将进入以内部填充为主的城市发展时期。

3 城市形态演变特征

3.1 城市外部形态演变

城市作为自然和人类活动交互作用的空间载体, 是一种处于混沌状态的地理实体。其形态规律复杂, 而又具有某种程度上的自相似性, 其随机性和复杂性难以用常规的数学方法来揭示隐藏的规律性。分形理论则提供了一种揭示其复杂性和随机性的有效手段, 通过测度城市在不同空间尺度下的自相似性规律, 用数学方法刻画其形态特征。

陈彦光^[21]、冯健^[22]等的研究成果表明, 用网格计数法计算城市形态分形维数具有较强的可操作性和实际意义。本文借助前人的研究方法, 采用网格计数法, 在 GIS 软件的支持下计算都江堰城市 1980—2011 年分形维数, 以及各功能用地的分形维数, 计算结果如表 1 所示。

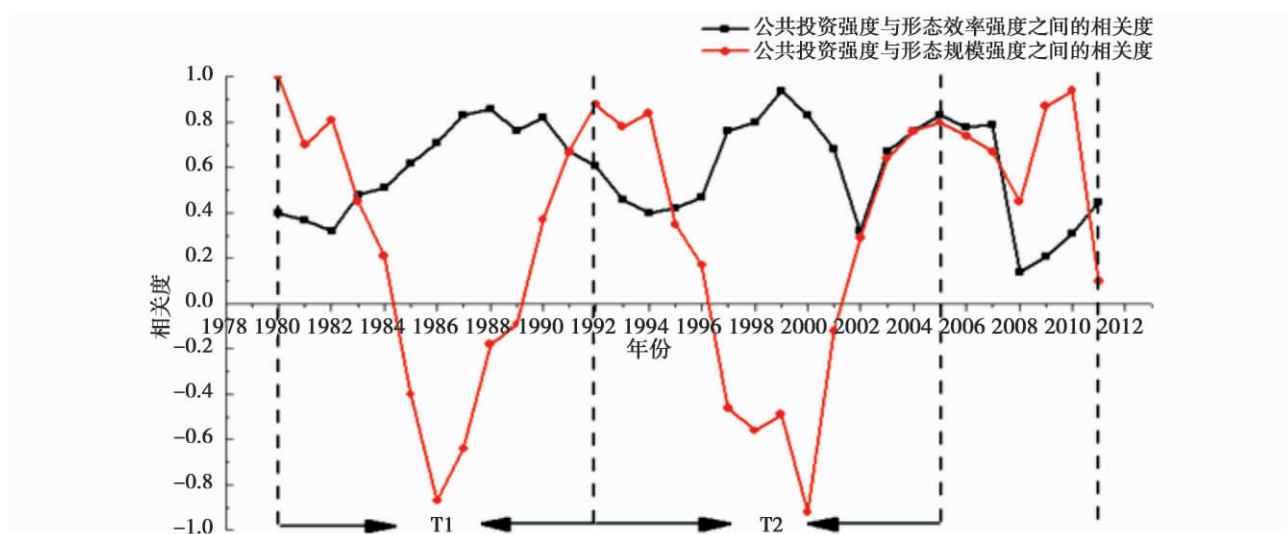


图 2 1980—2011 年都江堰城市公共投资强度、土地利用规模强度和土地利用效率强度的变化

Fig. 2 the variations of public investment intensity, land use scale intensity and land use efficiency intensity in Dujiangyan from 1980 to 2011

1) 土地利用规模强度指城市建成区面积占市域面积的比例, 土地利用效率强度为单位面积建成区的 GDP 产值, 公共投资强度为单位建成区面积的基础设施投资额。

表1 1980—2011年都江堰城市各类用地分形测算结果
Table1 The fractal dimensions of total and built-up land use of Dujiangyan

年份	参数	全部用地	公建用地	公共绿地	工业仓储用地	居住用地
1980年	维数 D	1.73	-	-	-	-
	R^2	0.943 2	-	-	-	-
1990年	维数 D	1.67	-	-	-	-
	R^2	0.867 1	-	-	-	-
2003年	维数 D	1.82	1.48	1.27	1.49	1.72
	R^2	0.999 3	0.999 0	0.987 1	0.996 9	0.999 3
2008年	维数 D	1.81	1.46	1.35	1.40	1.73
	R^2	0.969 2	0.999 1	0.995 8	0.994 2	0.999 2
2011年	维数 D	1.78	1.51	1.38	1.44	1.72
	R^2	0.999 7	0.999 7	0.998 6	0.998 2	0.999 9

都江堰城市具有明显分形特征,城市分形形态逐渐变好。全部用地分维数的拟合优度 R^2 均较高,建设用地分形特征较为明显。模型 R^2 越高表明模型线性特征越明显,自相似性越强。1980—2011年,全部用地拟合优度 R^2 总体呈曲折上升,其中1990年和2008年有所下降,这可能受1990年城市向两翼扩张与2008年“汶川地震”有关,使得自相似性有所减弱。各功能用地分形特征也较为明显,拟合优度 R^2 总体呈上升趋势。其中公建用地形态持续性变好, R^2 不断上升,到2011年达到0.999 7,模型拟合效果接近完美。

都江堰城市用地分形维数偏高,空间形态较为紧凑,城市“中心—外围”模式不明显。分维数越大,表示城市用地分布越均匀,当 $D=2$ 时,则城市形态退化为欧式几何形态,建设用地在建成区均衡分布;分维数越小,城市用地分布越集中。Batty 等经过大量的模拟研究,认为分形维数 $D=1.71$ 左右是城市理想分形维数^[22]。都江堰建设用地分形维数在1980—1990期间较为理想,而在2003年、2008年和2011年均高出理想值1.71,表明该时间段内城市密度较为均一,从中心到外围的衰减趋势不明显,这可能与都江堰城市发展受地理环境影响集中向单一方向扩张有关。

各功能用地形态结构相对复杂。其中公建用地和公共绿地分形维持续数上升,表明两类用地分布更加均衡,城市居民生活便捷性和享受绿化条件得到改善。但公共绿地分形维数仍较低,仅为1.38,

远低于其他功能用地,城市绿化覆盖率仍有待提高。

3.2 城市内部空间分异特征

借助GIS扇形分形法,通过计算各功能用地沿各方位的扩展强度指数¹⁾,得到各类功能用地的方位分异雷达图(图3)。

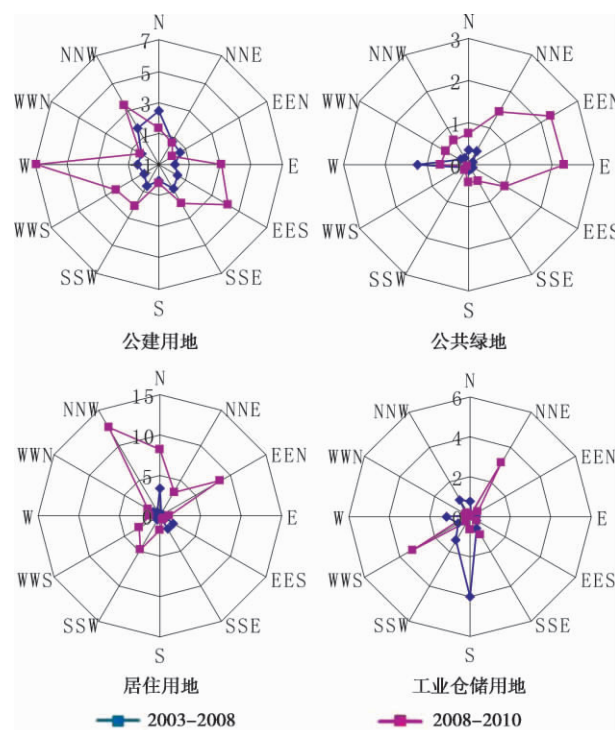


图3 2003—2011年都江堰城市用地扩展强度雷达图

fig. 3 Radar-graph of urban land growth intensity in different directions in built-up area of Dujiangyan

3.2.1 功能用地方位扩展

各功能用地方位扩展具有差异性:1. 公建用地在2003—2008年主要向N方位缓慢扩张,同时沿W和EES方位缓慢收缩,而在2008—2011年受居住用地扩张的影响转变为向W和EES快速扩张,而沿N和S缓慢收缩;2. 公共绿地各时期方位扩展具趋同性,都集中向城市东北方位扩张;3. 工业仓储用地由2003—2008年向S方位快速扩张转变为沿WWS和NNE方位快速扩展;4. 居住用地在2003—2008年沿各方位缓慢扩张,而在2008—2011年主要沿NNW、EEN和SSW迅速扩张,居住用地扩展速度明显高于其他功能用地。

3.2.2 功能用地空间分异特征

为定量分析各功能用地空间分异特征,本文引

1) 扩展强度指数指年均增加面积与基年面积之比。

入景观格局分析法,通过选取聚集度指数(AI)、破碎度指数(FN),分别表征功能用地的分散聚集、斑块破碎化特征,计算结果见表2。结合表1和表2,各功能用地演变规律如下:1. 公建用地空间分布趋向均衡发展,集中度加强。公建用地分形维数呈上升趋势,由1.48增加到1.51,空间分布均衡性增强;相反聚集度降低,聚集度指数由68.56下降到61.26。2. 公共绿地分布均衡性进一步增强,而破碎化程度加剧。公共绿地分形维数由1.27增加到1.38,空间分布趋向郊区化扩展,破碎度指数由2.99下降到1.04,破碎度加剧。3. 工业仓储用地空间分布由分散趋向集中。工业仓储用地分形维数由1.49下降到1.44,分布均衡性下降,同时聚集度指数由68.73上升到72.45,集中度增加。4. 居住用地聚集趋势增强,破碎化程度加深。破碎度指数由2.17下降到1.60,破碎化程度加剧。

表2 2003—2011年都江堰建设用景观格局特征值变化

Table 2 The peaches' eigenvalue of the landscape patterns in Dujiangyan from 2003 to 2011

年份	指数	公建用地	公共绿地	居住用地	工业仓储用地
2003 年	AI	68.56	68.26	53.95	68.73
	FN	1.86	2.99	2.17	4.54
2008 年	AI	61.87	56.56	48.04	39.57
	FN	2.26	1.39	4.51	3.95
2011 年	AI	61.26	69.57	64.19	72.45
	FN	0.68	1.04	1.63	1.86

4 城市形态演变驱动机制分析

综合分析近30年来都江堰城市形态演化历程和社会经济统计资料,结合前人研究成果,发现导致都江堰城市形态演化的驱动机制主要为以下4个方面。

4.1 山区地理空间制约城市土地利用格局

任何城市都坐落在具有一定的地理特征的地表上,其形成、建设和发展都与地理环境有密切联系,地形、地貌、水文、资源等自然地理要素相互交叉组合,构成城市发展的物质基础,改变和影响城市形态。都江堰城市处于山地和平原交界地带(见图1),地形起伏大,北部山脉高差近700 m,坡度 $>10^\circ$,地质结构不稳定,开发建设用地成本高,山地地形局限城市北向扩张。城市西部为岷江所阻隔,不

利于基础设施配置和减少交通运输成本,跨江发展成本高,城市西向扩张阻力大。地理空间格局的限制阻碍城市圈层式扩张,造就典型扇形城市形态,城市东部开阔平原地带成为拓展主要方向。城市单一方向扩张模式导致郊区土地供给紧张,土地使用成本高,提高土地利用率成为解决城市发展空间狭隘的必然要求,造成城市“中心—外围”趋势不明显,建成区密度较为均一,城市形态紧凑。

4.2 经济发展影响城市扩张速度

城市活动的根本动力来源于经济活动,经济活动的周期性决定城市形态演化的周期性。为定量揭示经济活动对城市形态演化的驱动机制,本文选用主成分分析与多元回归分析相结合,以解决指标选取与因子之间的相关性问题。选取的经济驱动因子为城市建成区面积(y)、城市人口(x_2)、各功能用地面积($x_3 - x_6$)、固定资产投资额(x_7)、社会消费品零售总额(x_8)、二三产业从业人员($x_9 - x_{10}$)、GDP(x_{11})、三次产业增加值($x_{12} - x_{14}$)、城市建设投资额(x_{15})和旅游综合收入(x_{16})作为分析因子,数据经过标准差处理消除量纲影响,进行主成分分析和多元回归分析,得到城市规模和驱动因子的多元线性回归模型

$$y = 0.812x_5 + 0.651x_{15} + 0.523x_{16} + 6.253 \quad (2)$$

模型结果表明:影响都江堰城市发展的主导因素为居住用地的快速增加,旅游收入和第三产业的拉动作用。都江堰具有丰富的旅游资源,拥有“都江堰—青城山”世界文化遗产,同时背靠大都市成都,承载着成都市产业转移和休闲度假的功能定位需求,旅游休闲服务业成为城市主导产业。适宜的气候条件,丰富的旅游资源,带动房地产业的蓬勃发展,使得居住用地快速增加,占各类用地比重长期在50%左右,居住用地在整个城市形态演化中占据主导地位。

4.3 城市规划助推用地空间格局演化

都江堰城市规划起步较晚,1989年第一次总规突出了以机械制造和物流业为主的工业发展模式,将东北火车站方向和南部都汶公路方向作为主要发展轴,这一时期工业用地在东北和东南方位快速扩张。1993年第二次总规在大力发展的工业的基础上,提出通过土地置换等方式,在中心城区逐步发展商业服务业,而在南部交通发达地区着力建设工业园区,调整过后城市各功能分区得到加强,服务业和工业均有较快发展,城市形态趋于合理。2003年第

三次总规突出了打造旅游城市的职能,在市中心大力发展商业服务业和房地产业,强调保护历史文化街区,为配合“显山亮水”工程,关闭部分高污染、高耗能的工矿业,经过这次规划都江堰整个城市有较大改变。而房地产业快速发展也得原有“商业-居住-工业”的圈层模式转变为“商业-居住-工业-居住”的模式,造成城市“中心-外围”模式不明显。2008年第四次规划源于灾后重建,这次规划主要突出对受损区域的重建修复和发展震后经济,城市空间结构上以“一体两翼,北山南田”为主,打造沿岷江和成灌高速为主线的城市综合功能服务区,以青城山为西南翼构成旅游服务区,依托成灌铁路和蒲阳路为东北翼,构成综合性环保工业区。

4.4 山地灾害的风险影响城市布局

突发性自然灾害如泥石流、滑坡、地震等对城市往往具有毁灭性的破坏。2008年发生的“汶川”地震造成都江堰市域房屋面积倒塌 $461 \times 10^4 \text{ m}^2$,市区建筑物遭受不同程度的毁坏,城乡基础设施毁坏严重。其中重度灾损区和中度灾损区主要集中于市中心,对公建用地和居住用地的破坏程度高于其他用地,致使两类用地破碎度加大,分形特征减弱,整个城市形态也因此受到影响。灾后重建过程中,随着政府公共投入的加大以及空间规划的实施,改变原有城市的自组织优化能力,这一时期城市形态演进更多受政府宏观政策的影响。

5 结论与讨论

本文根据城市周期扩张理论,采用分形、景观格局、扇形分析技术,分别从城市形态、空间格局关系、方位等方面对都江堰建设用地空间格局进行研究,主要结论如下:1. 都江堰城市形态演化具有明显的周期性,城市公共投资与基础设施建设波动及其要素替代效应对城市形态周期性扰动响应是其核心作用机制。空间格局演变遵循“外部扩张,内部填充”相互交替组织原则,城市演变周期为12~13 a,下一阶段城市将进入以内部填充为主的发展阶段。2. 都江堰城市形态及用地结构具有明显的分形特征,城市形态逐渐变好,城市生长和城市用地形态具有自组织优化趋势,同时也存在着公共绿地发展不够完善与功能用地结构性失衡的问题。形态演变与城市发展周期具有关联性,外部扩张期的城市形态分形特征弱于内部填充期的分形特征,随着城市发展进

入内部填充期,都江堰城市自组织优化能力将进一步改善现有城市形态。3. 都江堰城市形态演化具有阶段性、多样性和复杂性,受自然地理条件、经济发展、城市规划、地震等共同作用。

本文对都江堰城市形态演变的研究仅考虑其历史演化规律和周期性特征,而对其形态现代周期的滞后分析不足,不能解析内外两种发展行为的因果规律。同时要使城市形态良性发展,需要综合考虑政府力、市场力、社区力和自然力的共同作用,本研究仅分析其对城市形态的影响,而对如何在“自上而下”的政策引导与“自下而上”的社会经济发展推动之间寻求一种平衡的研究尚不足。

参考文献(References)

- [1] Batty M, Loneley P A. Fractal Cities: a geometry of form and function [M]. London: Academic Press, 1994.
- [2] Feng Jian. Spatial-temporal evolution of urban morphology and land use structure in Hangzhou [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 3: 343-353 [冯健. 杭州城市形态和土地利用结构的时空演化[J]. 地理学报, 2003(3): 343-353]
- [3] Liu Minghua, Chen Yanguang. Methods of characterizing urban land use from using fractal dimension [J]. Journal of Xinyang teachers College, 2001, (2): 209-213 [刘明华, 陈彦光. 城市土地利用形态及其空间结构的分维描述方法[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版, 2001, (2): 209-213]
- [4] Wu Qiong, Hu Dan, Li Hongqing, Yang Guodong. Research on urban form for Beijing based on GIS [J]. Global Geology, 2008, (2): 220-224 [吴琼, 胡盼, 李宏卿, 等. 基于GIS的北京城市形态研究[J]. 世界地质, 2008, (2): 220-224]
- [5] Yang Ligu, Zhou Guohua. Evolution characteristics of the urban morphology and its forming mechanism in Huaihua [J]. Progress in Geography, 2010, 29(5): 627-632 [杨立国, 周国华. 怀化城市形态演变特征及影响因素[J]. 地理科学进展, 2010, 29(5): 627-632]
- [6] Liu Yuping. The mechanism of how spatial policy has been influencing urban form changes in the time of economic and social transition—with Yangzhou as an example [J]. Economic Geography, 2008, 28(4): 539-542 [刘雨平. 转型期城市形态演化的空间政策影响机制——以扬州市为例[J]. 经济地理, 2008, 28(4): 539-542]
- [7] Liu Ze. The urban morphology of resource-based city in china—a case study of Daqing city [J]. Economic Geography, 2010, 30(11): 1827-1834 [柳泽. 资源型城市形态演变及机制研究——以大庆市为例[J]. 经济地理, 2010, 30(11): 1827-1834]
- [8] Jiang Shiguo, Zhou Yixing. The fractal urban form of Beijing and its practical significance [J]. Geographical Research, 2006, (2): 204-212 [姜世国, 周一星. 北京城市形态的分形集聚特征及其实践意义[J]. 地理研究, 2006, (2): 204-212]
- [9] Gao Lan. The study and application of fractal theory and approach to

- the city form [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2008.
- [高蓝. 城市形态分形方法的研究与应用 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.]
- [10] Duan Ruilan, Zhen Xinqi. Research on the urban road structure and land price based on space syntax method [J]. Science of Surveying and Mapping 2004 29(5): 76 – 79 [段瑞兰, 郑新奇. 基于句法分析的城市道路结构与地价关系研究 [J]. 测绘科学. 2004, 29(5): 76 – 79]
- [11] Batty M, Xie Y, Sun Z. Modeling urban dynamics through GIS – based cellular automata [J]. Computers, Environment and Urban Systems. 1999, 29: 205 – 223
- [12] Clarke K C, Hoppen S. As self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area [J]. Environment and Planning. 1997, 24: 247 – 261
- [13] B M R, N G. Agent-based land-use models: A review of applications [J]. Landscape Ecol 2007 22(12): 1447 – 1459
- [14] Huang Guangyu. Ecological thinking over spatial structure of hilly city [J]. Urban Ecology 2005 1(1): 57 – 63 [黄光宇. 山地城市空间结构的生态学思考 [J]. 城市规划 2005 1(1): 57 – 63]
- [15] Zhao Jian, WEI Chengjie, HUANG Lifang. Research methods of land use changes and their applications in Hainan Island [J]. Geographical Research 2001 20(6): 723 – 730 [赵健, 魏成阶, 黄丽芳. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用 [J]. 地理研究. 2001 20(6): 723 – 730]
- [16] Portugali J. Self-organization and the city [M]. Berlin: Springer – Verlag, 2000.
- [17] Wu Qiyang, Chen Hui, Belinda Wu. The minimum cost-cycle expansion law of urban spatial morphology: A case study of Kunming in China [J]. Geographical Research 2012 31(3): 484 – 494 [吴启焰, 陈辉, Wu Belinda 等. 城市空间形态的最低成本—周期扩张规律——以昆明为例 [J]. 地理研究. 2012 31(3): 484 – 494]
- [18] Rodrik D. Growth strategies [J]. Handbook of Economic Growth, 2005, 1(1): 967 – 1014
- [19] Chen Yanguang, Liu Jisheng. An index of equilibrium of urban land-use structure and information dimension of urban form [J]. Geographical Research, 2001 20(2): 146 – 152 [陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分数维 [J]. 地理研究 2001 20(2): 146 – 152]
- [20] Xiao Han, Li Zhipeng. Remote Sensing analyses of the urban morphology of Beijing based on Fractal Theory [J]. Science & Technology Review, 2010 28(16): 57 – 62 [肖汉, 李志鹏. 基于分形理论的北京城市形态结构遥感分析 [J]. 科技导报. 2010, (16): 57 – 62]
- [21] Chen Yanguang, Liu Jisheng. On Fractal dimension calculation and analysis of urban form [J]. Human Geography 2007 22(3): 98 – 103 [陈彦光, 刘继生. 城市形态分维测算和分析的若干问题 [J]. 人文地理 2007 22(3): 98 – 103]
- [22] Batty M. Cities as Fractals: simulating growth and form // [G] A J Crilly, R A Earnshaw, H Jones. Fractals and Chaos. New York: Springer – Verlag, 1991: 43 – 49

The Periodicity Scenarios of Urban Morphology and Its Driving Factors in Dujiangyan

YANG Yong^{1,2}, DENG Wei¹, ZHANG Jifei¹, WU Xueling^{1,2}

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, Sichuan, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the maps of urban land use and socio-economic statistical data, with the help of minimum cost-cycle expansion law of urban spatial morphology and fractal dimension theories, this paper chooses Dujiangyan city to carry out the cycle of urban morphology and the evolution of land-use structure. As well, the main driving factors were also revealed, including local geography environment, economic development, government management and the natural disaster. The results are revealed as follows: 1. The process of morphology evolution in Dujiangyan is the result of alternant pattern of external expansion and internal infilling of land use, the evolution cycle is about 12 – 13 years, the city will be under the internal infilling period in the next station. 2. The character of self-similarity is very clear in Dujiangyan, when study the evolution of urban morphology and structure of urban land use using the theory of fractal dimension, the evolution of urban morphology is related with the development period. 3. The expansion of residential land is the endogenous factor of urban morphology, and the distribution of public green land is unbalanced. 4. the main driving factors of urban morphology were also revealed, including local geography environment, economic development, government management and the natural disaster.

Key words: minimum cost-cycle expansion model; urban morphology; land use