

# 近 30 年来绵阳市城市用地扩展模式研究

董廷旭<sup>1,2</sup>, 秦其明<sup>2\*</sup>, 王建华<sup>1</sup>

(1. 绵阳师范学院资源环境工程学院, 四川 绵阳 621000; 2. 北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

**摘要:** 城市用地扩展不仅是评价城市化水平的重要测度指标, 也是土地利用/覆被变化 (LUCC) 研究重要领域之一。本文以多时相、多源空间数据为基础, 采用 RS 专题信息提取与 GIS 空间叠加分析技术, 选择扩展强度指数、紧凑度、分形维数、重心转移指数、扩展方位指数等 5 个景观结构与变化指标, 系统地分析了我国科技城绵阳城市用地扩展模式与时空分异特征。结果表明: 1980~2009 年间绵阳城市扩展总面积达 110.11km<sup>2</sup>, 年平均扩展速度为 3.8km<sup>2</sup>, 平均扩展强度指数为 0.65, 呈快速增长态势; 其扩展方向的空间分异十分明显, 呈一中心、多组团、三轴向、“Y”字型扩展模式, 用地扩展处于粗放型向集约型过渡期。

**关键词:** 城市用地; 时空分异; 扩展模式; 绵阳市

**文章编号:** 1000-0585(2011)04-0667-09

## 1 引言

改革开放以来, 我国城市化水平和城镇建设取得了巨大成就<sup>[1]</sup>。快速城市化重要特征之一就是城市用地扩展时空演变加速, 因此, 城市用地扩展不仅成为评价城市化水平的重要测度指标, 同时也是土地利用/覆盖变化 (LUCC) 研究重要领域之一<sup>[2]</sup>。RS 与 GIS 技术的应用使得大尺度、短周期的监测与研究我国城市化进程成为可能, 国内许多学者采用不同数据源, 以 RS 与 GIS 为手段, 采用空间分析方法, 对北京、上海、南京、西安、厦门、苏州、济南等东部平原地区大城市演变过程所表现的城市用地扩展形态、扩展模式、扩展驱动力等进行了系统研究<sup>[3~10]</sup>。城市用地空间扩展是城市成长发展过程中在物质形态上的具体体现, 是城市发育有机成长的各种因素综合作用的结果, 中国大城市用地扩展具有交通脉动规律、定向开发规律、经济集聚与扩散规律<sup>[10]</sup>; 平原地区城市土地空间扩展模式主要有“圈层式”、“辐射式”、“跳跃式”等类型<sup>[11~16]</sup>。这些研究成果为中国城市规划与建设走可持续发展的城市化之路, 奠定了理论基础, 但针对西南地区, 特别是四川盆地丘陵区新兴城市用地扩展研究依旧较少。为此, 本文以中国科技城——四川绵阳为例, 以多时相、多源空间数据为基础, 采用 RS 专题信息提取与 GIS 空间叠加分析技术, 结合景观生态学方法, 开展绵阳市城市用地扩展时空分异特征研究, 并探讨了丘陵平坝地区城市用地扩展模式, 为分析四川盆地丘陵区城市扩展机制 (驱动力) 和新一轮土地利用总体规划及城市用地规划提供依据。

收稿日期: 2010-07-05; 修订日期: 2011-02-25

基金项目: 国家高技术研究计划 (863 计划) 资助项目 (2007AA120205)

作者简介: 董廷旭 (1965-), 男, 副教授, 主研究方向为 3S 技术应用与景观规划。E-mail: dong3s@163.com

\* 通讯作者: 秦其明 (1955-), 男, 教授, 博导, 主要从事 RS 与 GIS 领域的教学与研究工作。

E-mail: qmqinpku@163.com

## 2 研究区概况与研究方法

### 2.1 研究区概况

中国科技城——绵阳，位于四川盆地西北部涪江、安昌河、芙蓉溪三江交汇处，地形以浅丘平坝为主，界于  $104^{\circ}29' \sim 104^{\circ}57'E$ 、 $31^{\circ}18' \sim 31^{\circ}38'N$ ，城市人口 60 余万，是四川省第二大城市和成（都）德（阳）绵（阳）高新技术产业带的重要一极，是四川省政治、经济、科技、文化和教育第二中心。境内拥有以中国工程物理研究院为代表的国防科研院所 18 家，西南科技大学等高等院校 11 所，长虹集团、九洲集团等大型骨干企业 50 余家，有“两院”院士 26 名，各类科研和工程技术人员 17 万人，享受政府特殊津贴专家 800 多名，是中国重要的国防军工、科研生产和人才基地，科技资源位列西部地区中等城市之首。在实施西部大开发过程中，2001 年党中央、国务院批准建设绵阳科技城，城市规划发展目标为用地规模  $120\text{km}^2$ ，城市总人口达 118 万人。城市发展规划区涉及 12 个乡镇，即河边、磨家、新皂、永兴、城郊、石塘、塘汛、丰谷、青义、石马、游仙、小观和松垭。

### 2.2 数据源及其处理

以绵阳市城市发展规划区为监测区域，以城市建成区为研究对象，采用的数据主要包括：1980 年版地形图（1:5 万），1996 年绵阳市城市发展规划区土地利用现状图（1:5 万），1980 年、1988 年、2000 年、2005 年与 2009 年 Landsat MSS/TM/ETM 影像，以及同期年份绵阳市统计年鉴和土地利用变更调查资料。

所涉及的图形图像数据，均以高斯投影、WGS-84 坐标系为基准，以 ERDAS IMAGINE 和 MAPGIS 为平台，借助 1:5 万地形图进行几何校正、镶嵌配准、增强与融合处理、研究区域裁剪<sup>[11~13]</sup>，形成 1:10 万 6 个时相的遥感图像（DOM 数据）和土地利用现状扫描栅格图（DRG 数据）。

### 2.3 研究方法

**2.3.1 用地扩展信息提取方法** 城市用地扩展是指土地利用中的城市建成区的动态变化过程。城市建成区是指城市行政区内实际已成片开发建设、市政公用设施和公共设施基本具备的地区<sup>[13]</sup>。在本研究中，城市用地扩展信息获取主要包括研究区域不同时相城市（含建制镇）建成区的识别和不同时段城市用地扩展地块获取。

本文城市建成区信息的获取因数据源类型的不同而采用不同的信息提取方法，遥感影像主要采用遥感影像监督分类法中的最大似然法和人机交互目视解译法<sup>[17]</sup>；土地利用现状图主要采用扫描矢量化方法<sup>[18]</sup>；城市用地扩展地块获取主要采用空间叠置分析实现。

对预处理后的图像进行研究区城市和建制镇建成区用地识别和边界提取。在此基础上，分别提取了 1980 年、1988 年、1996 年、2000 年、2005 年、2009 年 6 个时相城市用地地块信息（图 1）。

**2.3.2 用地扩展时序特征分析方法** 城市用地扩展时序变化是指研究时段内起止时相城市用地规模数量在时间维上的变化特征，一般采用扩展强度指数（UII）<sup>[4,6]</sup>，其计算公式详见表 1。

按上述方法，并用 GIS 空间叠置分析方法对绵阳市城市发展规划规划区 6 个时相的建成区地块分布图进行叠置，分别提取 5 个监测时段城市用地扩展面积（表 2）和扩展过程演变图（图 2），并利用表 1 中公式测算时序变化特征值。

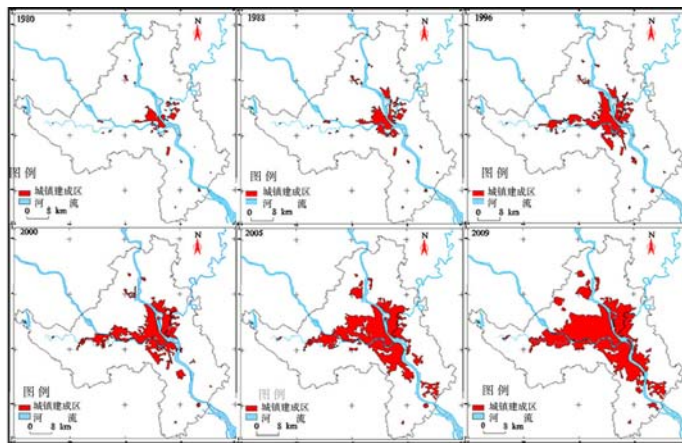


图 1 1980~2009 年绵阳市 6 个时相建成区用地分布图

Fig. 1 Land-use distribution map of the built-up areas in Mianyang City during 1980—2009

表 1 城镇用地扩展时空变化评价指标

Tab. 1 The evaluation index system of the spatial-temporal changes of the urban land-use expansion

序号	评价指标	计算公式	参数定义
1	扩展强度指数	$UII = \frac{(U_b - U_a) \times 100}{TLA \times T}$	UII 是城市扩展强度指数, $U_a$ 、 $U_b$ 为起止时相城市用地数量, $T$ 为研究时段的时间跨度, $TLA$ 为研究单元土地总面积
2	紧凑度指数	$C = 2 \sqrt{\pi A} / P$	$C$ 为城市用地空间紧凑度, $A$ 为城市用地面积, $P$ 为城市用地周长
3	分形维数	$\ln A = \frac{2}{D} \ln P + C$	$D$ 为分形维数, $A$ 为城市用地面积, $P$ 为城市用地周长, $C$ 为截距
4	重心转移指数	空间重心坐标: $X_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_{it} \times X_i}{\sum_{i=1}^n C_{it}}$ $Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_{it} \times Y_i}{\sum_{i=1}^n C_{it}}$ 空间重心转移距离 ( $L$ ): $L_{t+1} = \sqrt{(x_{t+1} - x_t)^2 + (y_{t+1} - y_t)^2}$ 空间重心转移角度 ( $\alpha$ ): $a_{t+1} = \arctan\left(\frac{y_{t+1} - y_t}{x_{t+1} - x_t}\right) \quad x_{t+1} - x_t \geq 0$ $a_{t+1} = \pi - \arctan\left(\frac{y_{t+1} - y_t}{x_{t+1} - x_t}\right) \quad x_{t+1} - x_t < 0$	$X_t$ 、 $Y_t$ 分别为 $t$ 时相城市用地重心坐标, $X_i$ 、 $Y_i$ 为第 $i$ 块城市用地的几何中心坐标, $C_{it}$ 为第 $i$ 个片区面积; $L_{t+1}$ 表示从 $t$ 到 $t+1$ 时期地理单元空间重心转移距离; $a_{t+1}$ 表示从 $t$ 到 $t+1$ 时期地理单元空间重心转移方向与正东方向夹角
5	扩展方位指数	$OP_i = \frac{(d_i S_{t_2} - d_i S_{t_1}) \times 100}{(S_{t_2} - S_{t_1})}$	$OP_i$ 为 $t_2 \sim t_1$ 时段的 $d_i$ 方位比重; $d_i S_{t_2}$ 为 $d_i$ 方位上 $t_2$ 时刻的面积; $d_i S_{t_1}$ 为 $d_i$ 方位上 $t_1$ 时刻的面积; $S_{t_1}$ 为 $t_1$ 时刻的区域总面积; $S_{t_2}$ 为 $t_2$ 时刻的区域总面积

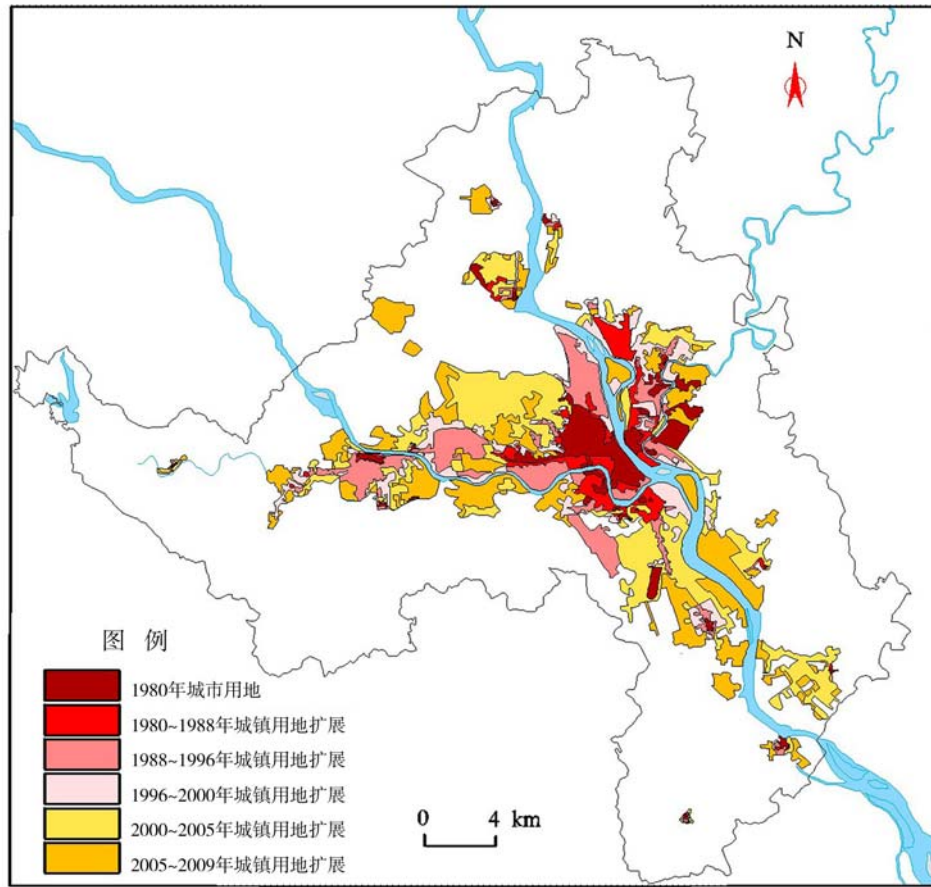


图 2 1980~2009 年绵阳城市规划区建成区扩展图

Fig. 2 The expansion schematic diagram of the built-up areas in the urban development planning areas in Mianyang City during 1980—2009

### 2.3.3 用地扩展空间特征分析方法

城市用地扩展空间变化特征是指研究时段内起止时相城市用地规模在空间分布维上变化特征,评价指标依据景观结构与变化评价指标选择,主要有紧凑度(C)、分形维数(D)、重心转移指数(重心坐标、重心转移距离、重心转移角度)、扩展方位指数(OP)等<sup>[6~9]</sup>,其计算公式详见表1。

文中,以绵阳科技城中心城区临园口道路中心线交叉点所在地为中心点(31°27′51″N、104°44′56″E),将绵阳城市规划区平均划分为8个方向(图3)进行扩展空间分异分

表 2 1980~2009 年绵阳城市用地扩展时序变化情况

Tab. 2 The timing changes of the urban land-use expansion in Mianyang City during 1980—2009

时 相	1980	1988	1996	2000	2005	2009
建成区规模 (km <sup>2</sup> )	10.51	21.75	41.21	57.93	88.27	120.62
非农业人口 (10 <sup>4</sup> 人)	17.81	25.5	35.8	38.6	48.6	62.6
扩展面积 (km <sup>2</sup> )	11.24	19.46	16.72	30.34	32.35	
扩展速率 (km <sup>2</sup> /a)	1.41	2.43	4.18	6.07	7.08	
扩展强度 (%)	0.24	0.42	0.71	1.04	1.38	

析, 利用 MAPGIS 软件的空间分析功能, 按表 1 中相关指数公式测算 6 个时相城市建成区用地规模在空间上的变化特征值, 其结果见表 3、表 4。

### 3 结果分析

#### 3.1 城市用地扩展时序变化特征分析

从图 1、图 2 和表 2 可知, 绵阳市在改革开放初期 (七十年代末) 建成区规模仅  $10.51\text{km}^2$ , 经过近 30 年建设至 2009 年末已扩展到  $120.62\text{km}^2$ , 增加了 11 倍, 年平均扩展速度为  $3.8\text{km}^2$ , 平均扩展强度指数为 0.65, 因此, 研究区域城市用地扩展在时间维上表现为快速增长态势 (图 4)。其具体特征为:

(1) 扩展速率与扩展强度指数呈持续增长趋势。20 世纪 80 年代为低速增长期, 这一时期的城市用地年均扩展速率虽然大于 1, 扩展强度指数大于 0, 但低于整个研究时段的平均水平; 20 世纪 90 年代为稳步增长期, 年均扩展速率高于整个研究时段的平均水平, 而扩展强度指数略低于平均水平, 城市规模达到  $50\text{km}^2$ ; 21 世纪为快速增长期, 年均扩展速率和强度指数均超过整个研究时段的平均水平 2 倍, 分别达到 8.08 和 1.38, 建成区规模突破  $100\text{km}^2$ 。

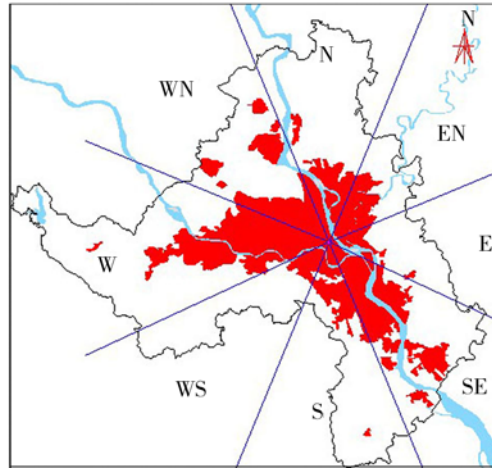


图 3 绵阳城市用地扩展空间分异八方位分析示意图

Fig. 3 The eight-direction spatial differentiation diagram of urban land-use expansion in Mianyang City

表 3 1980~2009 年绵阳城市用地扩展空间变化特征指数

Tab. 3 The index of the spatial expansion of the urban land-use in Mianyang City during 1980—2009

时 相	紧凑度	分形维数	重心坐标 (纬度 N)	重心坐标 (经度 E)	重心转移 距离 (m)	重心转移 角度
1980	0.21	0.32	$31^{\circ}28'7''$	$104^{\circ}44'48''$	—	—
1988	0.14	0.35	$31^{\circ}28'16''$	$104^{\circ}44'42''$	306.74	$119.49^{\circ}$
1996	0.12	0.44	$31^{\circ}28'04''$	$104^{\circ}44'51''$	1401.88	$165.63^{\circ}$
2000	0.13	0.45	$31^{\circ}28'07''$	$104^{\circ}44'50''$	72.28	$104.42^{\circ}$
2005	0.14	0.58	$31^{\circ}27'51''$	$104^{\circ}44'59''$	530.87	$63.97^{\circ}$
2009	0.15	0.64	$31^{\circ}27'43''$	$104^{\circ}44'53''$	296.44	$119.51^{\circ}$

(2) 城市用地扩展速率超过非农业人口增长速率。科技城 30 年来, 各个时段城市用地扩展人口弹性指数都大于 1.12 的临界值<sup>[19]</sup>, 平均值为 2.46。2000 年城市用地扩展系数最大, 为 5.97; 1988 年城市用地扩展系数最小, 为 1.46。用地增长速度大大高于城市人口增长速度, 说明其城市用地规模扩展过快, 处于相对不合理状态, 且 90 年代为极不合理状态, 表明存在非理性圈地现象。

表 4 1980~2009 年绵阳建成区空间八方位扩展情况

Tab. 4 The spatial eight-direction table of the built-up areas expansion in Mianyang City during 1980—2009

方位	正北	东北	正东	东南	正南	西南	正西	西北	
1980~1988	2.71	1.17	0.47	1.50	1.13	1.00	2.11	1.10	
扩展	1988~1996	2.03	1.41	0.58	1.60	2.34	0.90	8.69	1.90
面积	1996~2000	4.17	1.97	0.42	3.19	0.27	0.71	5.18	0.83
(km <sup>2</sup> )	2000~2005	1.10	0.54	0.42	9.58	3.71	0.65	5.74	8.60
	2005~2009	1.88	2.44	0.88	11.14	0.98	0.52	12.72	5.38

### 3.2 城市用地扩展空间分异特征分析

根据表 3、表 4，绵阳市城市用地扩展总体空间格局变化特征是：研究区近 30 年城市用地扩展表现为非紧凑、非同心圆扩展与方向分异十分明显的特征。具体表现为：

(1) 扩展形状特征：城市紧凑度和分形维数是反应城市空间扩展过程中建成区形状变化的重要指标。由表 3，6 个时期的紧凑度和分形维数均小于 1，但有逐渐增大的趋势，表明城市用地扩展形态属非紧凑型且形态趋向复杂化，稳定性差但有逐步增强的趋势。20 世纪 80 年代为外延扩展期，紧凑度值由 0.21 下降到 0.12，分形维数值 0.32 上升到 0.44，城市形态偏离紧凑且不规则、不稳定性程度明显在增强，

城市用地表现为由中心城区向外扩展；90 年代为分散组团扩展期，各类开发区建设使城市形态有中心城区向组团式城市转变，城市形态偏离紧凑，但规则性、稳定性呈现缓慢增强趋势，紧凑度值和分形维数值分别上升到 0.13 和 0.45；21 世纪为内填外扩期，中心城区和各组团城市建设用地表现为内部填充与四周蔓延，城市形态偏离紧凑，但规则性、稳定性明显增强，紧凑度值和分形维数值分别上升到 0.15 和 0.64。这种扩展形态的转变在一定程度上反映了绵阳城市用地扩展处于粗放型向集约型过渡时期，进一步表明城市扩展为快速增长型。

(2) 扩展重心转移特征：根据表 3，1980~2009 年绵阳科技城城市用地扩展重心总体趋势为向西部转移，转移距离达 1622m。其中，上世纪 80 年代以向北偏西方向扩展为主，空间重心向北移动 308m，与正东方向的夹角为 119.49°；90 年代继续向西方向扩展，空间重心向西移动 1470m，与正东方向的夹角为 165.63°；新世纪向东南和西南两个方向扩展为主，空间重心继续向东南方向移动，移动距离为 826m，与正东方向的夹角为 63.97°。因此，绵阳城市用地扩展具有非同心圆扩展特征。

(3) 扩展方位特征：根据表 4 数据利用 GIS 和其他统计软件测算 8 个方位城市用地

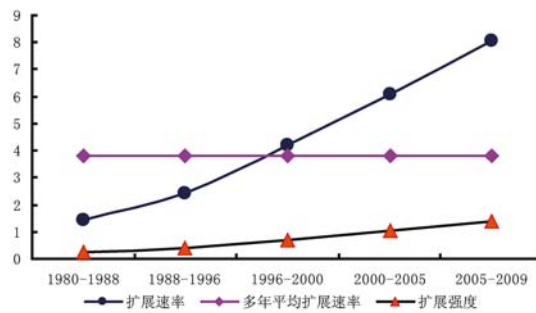


图 4 1980~2009 绵阳城市用地扩展时序变化曲线  
Fig. 4 The timing change graph of the urban land-use expansion in Mianyang City during 1980—2009



扩展指数, 并制成了不同时间段绵阳科技城建成区用地空间扩展方位演变图 (图 5)。从图 5 可知, 绵阳城市用地在 5 个时段向各个空间方位均有扩展, 但扩展强度明显不同: 80 年代主要向北、向西扩展, 分别增加了 24.14% 与 18.44%, 其次为东南与正南, 而西北、西南、正东较少; 东北最少, 仅增加了 1.43%; 80 年代末至 90 年代中期主要向西扩展, 高达 44.68%; 其次是正北、正南; 其他方向均较低; 90 年代后期主要向正西扩展, 高达 30.95%; 其次是向正北、东南, 而其他空间方位上的扩展面积都不足 5%; 新世纪初 (2000~2005 年) 主要向东南、西北扩展, 超过 25%, 其次是正西方向, 而其他方向均较低, 不足 4%; 2005~2009 年则集中向东南与西北扩展, 超过 30%, 同时继续向西扩展, 而其他方向仅 5% 左右。由此表明, 绵阳科技城在 1980~2009 年这 30 年间, 正西方向一直保存快速扩展态势, 西北、东南与正北三方向在 90 年代后处于快速扩展态势, 东北、正南表现为间断式扩展, 而正东与西南一直处于低速扩展。因此, 绵阳市区域城市用地扩展具有方位分异十分明显的特征。

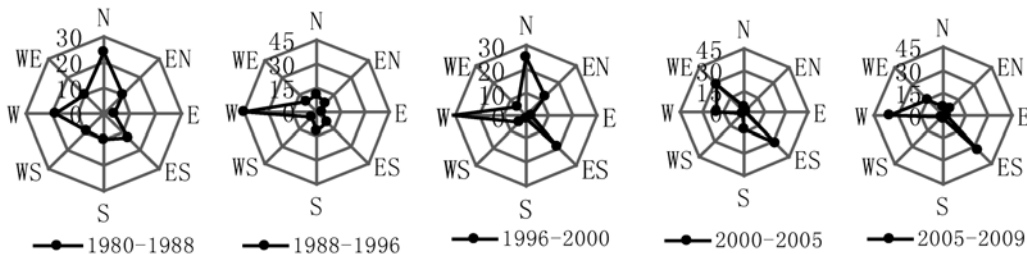


图 5 1980~2009 年绵阳不同时段建成区空间扩展方位演变图

Fig. 5 The directional evolution diagram of the built-up areas spatial expansion in Mianyang City during 1980—2009

### 3.3 城市用地扩展模式分析

绵阳城区在 1980~2009 年近 30 年间, 因地形限制, 城市用地以中心城区为核心向西、正北、东南三轴向“Y”字型组团模式进行扩展。具体来讲, 20 世纪 80 年代因绵阳市成立、“三线建设”企事业单位外迁和新火车站新建, 城市用地扩展模式表现为以中心城区向四周蔓延辐射, 城市西部花园片区、北部高水片区和科学城片区形成。20 世纪 90 年代因绵阳国家高新技术开发区、永兴省级工业区、南郊工业园区、游仙经济试验区等各类园区建设, 中心城区继续向外扩展并主要向西、北、东南辐射, 西部高新一永兴组团、东南塘汛组团、北部科学城组团基本形成。新世纪以来, 因西部大开, 特别是科技城建设与“5.12”灾后重建, 城市用地扩展模式表现为组团扩展与轴向扩展融合, 中心城区与原有组团通过道路相互吸引融为一体, 并在北部形成青义科教组团、西北方向形成园艺科技职教组团、东南方向涪江东岸形成小观—松垭农科区组团, 同时, 城市用地也沿交通线相向扩展, 从而使农业用地、未利用地、城市闲置地城市用地转化, 逐步形成“Y”字型—中心多组团非对称的空间格局, 推进了乡村城市化、城乡一体化的发展。

城市用地扩展模式形成的机制 (驱动力) 是自然、人文、交通和经济等因素共同作用的结果<sup>[13~16]</sup>。结合区域实际分析, 绵阳城市用地扩展模式的形成机制主要包括地形、交通、政府决策和经济发展等驱动因素, 其中, 政府决策 (行政区划调整、三线建设调整、

西部大开发、灾后重建等)与经济发展(人口增长、科技产业发展、房地产开发和第三产业发展)是城市用地规模扩展的直接驱动力,而地形(地貌形态格局、河流水系等)和交通(铁路、公路)是城市用地扩展形态演变与分异的主要驱动力。

## 4 结论

结合上述分析,得出以下几点结论:

(1) 多时相绵阳城市用地和城市扩展信息定量地表明了1980~2009年绵阳城市规划发展区城市用地扩展规模、速率和强度及时空分异情况。近30年来,城镇扩展面积为110.11km<sup>2</sup>,年平均扩展速度为3.8km<sup>2</sup>,平均扩展强度指数为0.65,呈快速增长态势;以中心城区向四周均有扩展,但方向分异十分明显,其中正西、正北和东南方向扩展比较多,因而呈一中心、多组团、三轴向“Y”字型扩展模式;用地扩展动态由无序、粗放型向有序、集约型转变。

(2) 通过对绵阳科技城近30年城市用地扩展时空分异研究表明,新兴工业和科技产业发展用地是西部新兴城市城镇用地快速扩展的主要原因。自1980年以来,新兴工业用地和科技产业用地主导绵阳科技城城镇用地扩展强度和扩展空间变化,具体表现为:涪江以东因科学城建设形成了游仙科技拓展园;北部因西南科技大学建设形成了青义大学产业园;西北部因“引智工程”形成园艺科技产业园;西部因国家级高新技术开发区建设形成了高新技术产业园和永兴现代工业园;南部因西部大开发形成塘汛基础工业园;东南部因生态农业建设形成松垭农业科技园。

(3) 地貌格局是丘陵地区城镇用地扩展空间格局演变的决定因素。绵阳科技城的地貌格局为丘陵起伏、沟谷纵横、群丘环抱、山水相依,城镇用地扩展空间深受地形和水域限制。中心城区坐落在涪江、安昌河、芙蓉溪三江汇合处,其四周围绕着形为四象的“东旗、西鼓、南蛇、北龟”的四座丘陵山地,中心城区不可能按平原城市的“圈层式”扩展模式向四周对称性蔓延,特别是城市东部富乐山风景区、西南部高起伏丘陵区的影响,各个时期扩展方位指数均在0.2以下,城镇建成区基本不向这两个方向扩展,而西部、北部、东南部为涪江、安昌河谷平坝,城市扩展容易实现,扩展方位指数均在1.0以上。因此,城市沿涪江、安昌河、芙蓉溪的河谷平坝地呈放射串珠状规划布局,进而形成如今的“一中心、多组团、三轴向“Y”字型不对称的城市空间形态。

## 参考文献:

- [1] 方创琳. 改革开放30年来中国的城市化与城市发展. 经济地理, 2009, 29(1): 19~25.
- [2] 许彦曦, 陈凤, 濮励杰. 城市空间扩展与城市土地利用扩展的研究进展. 经济地理, 2007, 27(2): 296~295.
- [3] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于GIS的北京城市土地利用扩展模式. 地理学报, 2000, 55(4): 407~416.
- [4] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 上海城市用地扩展强度、模式及其空间分异特征. 自然资源学报, 2003, 18(4): 412~427.
- [5] 陈本清, 徐涵秋. 城市扩展及其驱动力遥感分析——以厦门市为例. 经济地理, 2005, 25(1): 7~14.
- [6] 王伟武, 金建伟, 肖作鹏, 等. 近18年来杭州城市用地扩展特征及其驱动机制. 地理研究, 2009, 28(3): 685~693.
- [7] 李加栋, 许继琴, 李伟. 长江三角洲地区城市用地增长的时空特征分析. 地理学报, 2007, 62(4): 437~447.
- [8] 曹雪, 柯长青, 冉江. 基于GIS技术的城市用地扩展研究——以南京市江宁区为例. 资源科学, 2008, 30(30): 385~391.
- [9] 康红刚, 孙希华. 基于RS和GIS的城市扩展及驱动机制研究——以济南市为例. 地域研究与开发, 2009, 28(3): 135~141.



- [10] 姚士谋, 陈爽, 吴建楠, 等. 中国大城市用地空间扩展若干规律的探索——以苏州市为例. 地理科学, 2009, 29(1): 15~23.
- [11] 牟风云, 张增祥, 迟耀斌, 等. 基于多源遥感数据的北京市 1973~2005 年间城市建成区的动态监测与驱动力分析. 遥感学报, 2007, 11(2): 257~267.
- [12] 赵立军, 陈焕伟, 洪敏, 等. 基于缓冲区分析的北京城市用地扩展研究. 山东农业大学学报(自然科学版), 2005, 36(4): 564~568.
- [13] 杨存建, 张果, 陈军, 等. 基于遥感的成都市及其周边城镇的扩展. 地理研究, 2008, 27(1): 100~108.
- [14] 卢晓峰. 基于 RS 和 GIS 的郑州市城市扩展研究. 河南理工大学学报(自然科学版), 2008, 27(2): 182~189.
- [15] 彭鹏, 蒋旭东, 王心源, 等. 合肥市近 19 年来土地利用格局的时空变化分析. 资源开发与市场, 2008, 24(1): 8~11.
- [16] 戴均良, 高晓路, 杜守帅. 城镇化进程中的空间扩张和土地利用控制. 地理研究, 2010, 29(10): 1822~1833.
- [17] 党安荣, 王晓栋, 肖作鹏, 等. ERDASIMAGINE 遥感图像处理方法. 北京: 科学出版社, 2009. 45~325.
- [18] 刘湘南, 黄方, 王平. GIS 分析原理与方法. 北京: 科学出版社, 2008. 124~216.
- [19] 朱英明, 姚士谋, 李玉见, 等. 我国城市化进程中的城市空间演化研究. 地理学与国土研究, 2000, 16(2): 12~16.

## Expansion modes of urban land-use in Mianyang City in the last 30 years

DONG Ting-xu<sup>1,2</sup>, QIN Qi-ming<sup>2</sup>, WANG Jian-hua<sup>1</sup>

(1. School of Resource and Environmental Engineering, Mianyang Normal University,  
Mianyang 621000, Sichuan, China; 2. Institute of Remote Sensing and Geographic  
Information System, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** As one of the important research fields in the land use or in the LUCC, the expansion of the urban land use is one of the significant indexes to evaluate the urbanization level of a city. Based on the related multi-temporal and multi-source spatial data, this paper conducts a research on the expansion modes and spatial-temporal variations of the urban land use in Mianyang City, one of the science cities in Southwest China. It analyzes the expansion speed coefficient, the expansion intensity index, the compactness, the fractal dimension, the barycenter index, the extending orientation and direction index with the methods of the RS thematic information extraction and GIS spatial overlay analysis. The result shows that the land use in Mianyang City in the last 30 years has increased to 110.11 km<sup>2</sup>, or 3.8 km<sup>2</sup> per year. The average expansion intensity is 0.65. The extending direction of space differentiation is obvious, which can be described as Y mode with a center and three axes. And the expansion mode indicates a transformation from extensive expansion to intensive expansion.

**Key words:** urban land-use; spatial-temporal variations; expansion mode; Mianyang City