

苏南地区典型城镇建设用地扩展的时空分异*

周锐^{1,2} 李月辉^{1**} 胡远满¹ 苏海龙² 王晋年³

(¹ 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; ² 复旦大学城市规划与发展研究中心, 上海 200433; ³ 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要 选择江苏省常熟市南部的辛庄镇为研究区,采用该区 1980、1991、2001 和 2009 年 4 期高分辨率遥感影像,利用 GIS 技术,结合现有的建设用地扩展指标构建了综合扩展程度指数模型,定量分析了研究区 1980-2009 年间 3 个时段建设用地扩展的总体特征和时空分异特征.结果表明:随着农村城镇化和工业化进程的加快,辛庄镇建设用地显著扩展,1980-2009 年间共增加 19.24 km²,其中,2001-2009 年该区建设用地进入高速扩展期,扩展面积、扩展贡献率和扩展强度均最大.研究区建设用地扩展具有明显的空间分异特征:1980-1991 年,新增建设用地主要集中于镇区所在村域,1991 年后,辛庄镇建设重心逐渐向工业发达的村庄转移.研究期间,辛庄镇的新增建设用地主要源于水田和旱地,二者共占建设用地总增加面积的 88.1%,其余土地类型对建设用地的转入贡献率相对较小.

关键词 苏南 建设用地 综合扩展程度指数 空间分异

文章编号 1001-9332(2011)03-0577-08 **中图分类号** Q149 **文献标识码** A

Spatiotemporal differentiation of construction land expansion in a typical town of south Jiangsu Province. ZHOU Rui^{1,2}, LI Yue-hui¹, HU Yuan-man¹, SU Hai-long², WANG Jin-nian³ (¹*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China*; ²*Urban Planning and Development Research Center, Fudan University, Shanghai 200433, China*; ³*Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2011, 22(3): 577-584.

Abstract: Choosing Xinzhuang Town in south Jiangsu Province as study area, and by using 1980, 1991, 2001, and 2009 high-resolution remote sensing images and GIS spatial analysis technology, an integrated expansion degree index model was established based on the existing indicators of construction land expansion, and the general and spatiotemporal differentiation characteristics of construction land expansion in the Town in three time periods of 1980-2009 were quantitatively analyzed. In 1980-2009, with the acceleration of rural urbanization and industrialization, the area of construction land in the Town increased significantly by 19.24 km², and especially in 2001-2009, the expanded area, expanded contribution rate, and expansion intensity reached the maximum. The construction land expansion had an obvious spatial differentiation characteristic. In 1980-1991, the newly increased construction land mainly concentrated in town area. After 1991, the focus of construction land gradually spread to the villages with developed industries. Most of the increased construction lands were converted from paddy field and dry land, accounting for 88.1% of the total increased area, while the contribution from other land types was relatively small.

Key words: south Jiangsu Province; construction land; integrated expansion degree index; spatial differentiation.

近年来,土地利用/土地覆被变化(land use/land cover change, LUCC)已成为全球变化研究的核心

领域和热点问题之一^[1-3],LUCC 的研究尺度正逐渐由全球向有针对性的典型地区转换.通过不同区域在多种尺度上的对比研究,将不同尺度的土地利用变化联系起来^[4],无疑将深化和丰富土地利用变化的研究内容,推动土地科学的发展^[5].城镇化和

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAJ10B05-03)和国家自然科学基金项目(40871245,50808048)资助.

** 通讯作者. E-mail: liyh@iae.ac.cn

2010-10-04 收稿,2010-12-21 接受.

工业化是世界以及我国社会和经济发展的客观规律和必然趋势,工业、居住和交通等建设用地在持续快速扩张的同时,也导致耕地流失、环境污染和土地资源短缺等一系列复杂的社会和生态环境问题,影响区域土地利用的可持续发展^[6-7].农村城镇化因为涉及的面大、人口多,逐渐受到各方关注.城镇化过程中,不同区位、经济发展程度甚至人们生活习俗都直接影响建设用地(人类活动影响最深刻的用地类型)的空间变化.对比区域间建设用地扩展的时空分异,总结其不同时段内的变化特征,对认清土地利用发展方向具有重要的现实意义^[8].近年来,国内外利用遥感影像进行的城镇建设用地扩展研究多集中在城市^[9-11]和区域尺度^[12-14],国内学者对上海^[15-16]、北京^[17-18]、南京^[19-20]和深圳^[21-22]等经济发达和城镇化剧烈地区的建设用地扩展进行了较深入的研究,且使用数据多为中低分辨率的遥感影像,对经济发达和村镇建设用地扩展迅速的小城镇进行的相关研究较少^[23-24].小城镇作为城市体系中重要的组成部分和农村城镇化和工业化的实现载体^[25],在整个城市社会经济发展和生产生活中发挥着越来越重要的作用,通过其个案研究,可以更清楚地认识整个地区建设用地扩展特征和城镇化进程特点^[26].因此,迫切需要基于高分辨率的多源遥感数据在典型城镇开展针对性研究,以揭示农村城镇化进程中土地利用变化的特点和规律.

江苏省南部(苏南)是我国近年来经济发展最迅速和城镇化过程最激烈的地区之一,日益成为国内 LUC 研究的热点地区.随着城镇化和工业化进程的加速,苏南地区人地矛盾、建设用地扩展与耕地保护的矛盾日益突出^[27],为研究经济高速发展和快速城镇化地区的土地利用变化提供了理想条件.辛庄镇作为江苏省常熟市经济发展的中心城镇和交通重镇,是苏南地区典型的较早开始农村城镇化和工业化的小城镇,对其近 30 年来社会经济发展过程中建设用地扩展的时空特征和演变趋势进行研究,具有重要的现实和指导意义.本文以辛庄镇为例,基于 1980-2009 年间 3 个时段建设用地扩展的时空特征,分析了苏南典型地区村镇建设用地结构演变的空间分异特点和动态变化规律,为深入理解快速城镇化地区土地利用变化机制及合理引导和管理建设用地的的发展提供科学依据,以期为制定土地利用总体规划 and 实现地区可持续发展提供空间决策参考.

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

辛庄镇地处江苏省常熟市南部(31°29′-31°37′N,120°32′-120°44′E),2003-2005年由原辛庄、杨园和张桥3镇合并而成,所处的长江三角洲经济区作为我国率先进入世界级城市密集区的地区,为其提供了优越的区域社会经济环境.辛庄镇是苏州市总体规划中重点发展的两大中心乡镇之一,东连沙家浜旅游度假区,西邻无锡市,距苏州、无锡约 50 km,距南京、杭州约 190 km.227 省道贯穿全境,苏虞张一级公路和锡太一级公路在镇区内交汇,元河塘与望虞河两条通航河道穿镇而行,水陆交通便捷.全镇总面积 104.26 km²,截至 2008 年底,全镇户籍人口 7.55 万,外来人员 5.2 万,下辖 2 个街道办事处、20 个村、3 个居委会和 1 个南湖农场(图 1).辛庄镇作为我国最早进入城镇化和工业化的经济高速发展的苏南地区的典型代表,近年来其经济发展极为迅猛,2008 年其国内生产总值达 60.58 亿,第一、二、三产业比重的比例为 3.4 : 25.3 : 21.4.经济高速发展的同时促进了建设用地的不断扩展,以满足工业开发、房屋扩建和配套商业设施等的需求.

1.2 数据来源及预处理

本研究数据包括辛庄镇 1980 和 1991 年航空影像(空间分辨率 1 m)、2001 年 Ikonos 和 2009 年 Quickbird 卫星影像、1980 年地形图(1 : 1 万)、2005 年行政区划图(1 : 1 万)及常熟市相关统计年鉴.

应用遥感分析软件 ERDAS Image 9.1 对辛庄镇地形图进行几何校正,利用校正后的地形图及其投影信息分别对各期航片和卫片进行几何精校正,坐



图 1 辛庄镇示意图

Fig. 1 Sketch map of Xinzhuang Town.

标系统采用 Transverse Mecator 投影, Krasovsky 椭球体, 中央经线 123° E, 均方根 (root mean square, RMS) 误差控制在 1 个像元内, 然后进行图像增强处理; 根据经验和实地考察确定各类建设用地目视解译标志, 在 ArcGIS 9.0 环境下进行目视解译, 首先获得 2009 年土地利用图, 通过地形图和实地采点验证, 解译精度达 95.2%, 景观分类参照《土地利用现状调查技术规程》, 结合当地的实际情况, 将研究区景观划分为居民用地、旱地、水田、鱼塘、林地、草地、工业用地、水体、菜地和园地 10 种类型. 以此为基础, 利用多时相连续对比法^[28], 依次得到 2001、1991 和 1980 年土地利用图. 本研究中的村镇建设用地主要包括村镇居住用地和工业用地. 利用 ArcGIS 9.0 将 4 期建设用地空间数据叠加, 得到 1980-2009 年辛庄镇建设用地空间扩展图 (图 2).

1.3 研究方法

为了全面准确地反映研究区建设用地扩展的时空特征, 本研究借鉴前人对建设用地时空扩展的研究成果^[7,13], 对各有优缺点的 3 个指数 (扩展强度指数、扩展动态指数和扩展贡献率指数) 进行优势互补, 构建了综合扩展程度指数模型, 对辛庄镇 1980-2009 年间各时段建设用地的时空分异性进行分析. 然后以 2005 年辛庄镇行政区划为研究单元, 参照前人对建设用地扩展程度的划分经验^[29], 利用 Jerks 最佳自然断裂法对不同时段不同空间地域的建设用地的扩展进行空间聚类分析, 最终划分为缓慢扩展、低速扩展、中速扩展、快速扩展和高速

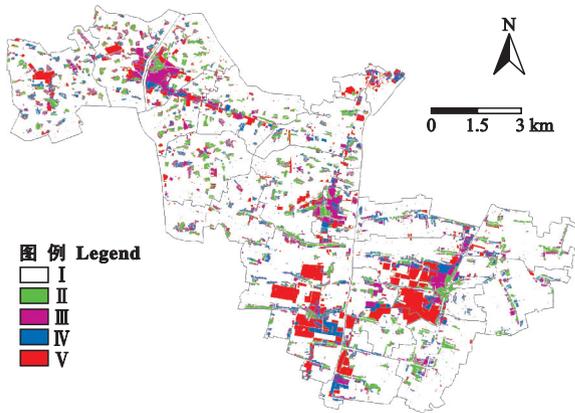


图 2 1980-2009 年辛庄镇建设用地扩展图

Fig. 2 Expansion of construction land in Xinzhuang Town during 1980-2009.

I: 界线 Boundary of study area; II: 1980 年建设用地 Construction land in 1980; III: 1980-1991 年新增建设用地 Increased construction land during 1980-1991; IV: 1991-2001 年新增建设用地 Increased construction land during 1991-2001; V: 2001-2009 年新增建设用地 Increased construction land during 2001-2009.

扩展 5 个等级, 得到全镇各时段建设用地扩展的空间分异图.

1.3.1 扩展强度指数 目前, 扩展强度指数在建设用地扩展研究中的应用较多^[30-32], 指将研究时段内各空间单元建设用地的年均增长速度进行标准化处理, 使不同时期建设用地扩展速度具有可比性^[16], 因而可以很好地反映建设用地扩展的空间差异, 其公式为:

$$E_i = \frac{CLA_{i,t+n} - CLA_{i,t}}{TCLA_i \times n} \times 100 \quad (1)$$

式中: E_i 为 i 空间单元的年均建设用地扩展强度指数; $CLA_{i,t}$ 和 $CLA_{i,t+n}$ 分别为 i 单元在 t 和 $t+n$ 年时的建设用地面积; $TCLA_i$ 为 i 单元总面积; n 为研究时段长度. 该指数并未考虑建设用地初期面积的影响, 因此称其为建设用地相对变化率更为准确^[33].

1.3.2 扩展动态指数 扩展动态指数 (D_i) 指单位时间、各空间单元内某种土地利用类型面积变化与该种土地利用类型初期面积的比值^[34]. 其公式为:

$$D_i = \frac{CLA_{i,t+n} - CLA_{i,t}}{CLA_{i,t}} \times 100\% \quad (2)$$

该指数可定量描述研究区土地利用变化的速度, 对比较土地利用变化的区域差异和预测未来变化趋势具有积极作用^[34]. 但它忽视了各分析单元总面积差异的影响, 导致扩展面积很小时, 动态值也可能很大, 因而其无法全面地反映扩展程度的变化.

1.3.3 扩展贡献率指数 扩展贡献率指数指单位时间、各空间单元内新增建设用地面积占研究区建设用地总扩展面积的百分比, 其公式如下:

$$C_i = \frac{CLA_{i,t+n} - CLA_{i,t}}{ETCLA_{t \sim t+n}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: C_i 为扩展贡献率指数; $ETCLA_{t \sim t+n}$ 指 $t \sim (t+n)$ 时段内研究区建设用地扩展的总面积. 该指数可以直观地表达各单元内增加的建设用地对研究区整体的重要程度, 可看作建设用地的绝对变化率, 但该指数忽视了各空间单元面积的差异, 因而也不能准确地反映建设用地扩展程度的时空差异.

1.3.4 综合扩展程度指数模型 综合扩展程度指数模型是在上述 3 个建设用地扩展指数的基础上, 利用修正的内梅罗公式对各指数进行综合平均, 兼顾三者的综合效应以求更全面准确地反映建设用地扩展的时空分异. 该指数考虑了建设用地扩展的相对变化率和绝对变化率以及扩展初期的影响, 因而计算结果更具有说服力. 其公式如下:

$$I_i = \sqrt{\frac{E_i^2 + D_i^2 + C_i^2}{3}} \quad (4)$$

式中: I_i 为综合扩展程度指数。

2 结果与分析

2.1 苏南地区典型城镇建设用地扩展的总体特征

由表1可以看出,1980–2009年间,辛庄镇建设用地面积从6.39 km²增至25.63 km²,增长了301.2%,年均扩展0.63 km²,年均增长率为6.2%,扩展强度指数为0.63,建设用地占研究区总面积比重从1980年的6.0%增至2009年的24.2%,主要是由于研究期间辛庄镇经历了快速的城镇化和工业化,导致建设用地总体扩展速度较快。研究期间各时段的建设用地均呈快速增加趋势:1980–1991年,建设用地的扩展面积、扩展贡献率、扩展强度均较大,面积共增加了6.02 km²,其中居住用地和工业用地分别增加了5.10和0.92 km²,说明居住用地在建设用地扩展中占主导地位。实地调查发现,20世纪80年代中期到90年代初期,随着农民生活水平的提高,当地掀起“建房热”的高潮,大量平房被翻建和扩建为2、3层小楼,导致居住用地大肆增加;此外由于初期建设用地较少,因此该时段的扩展动态度(8.57)较大。1991–2001年,建设用地的扩展面积、扩展贡献率、扩展动态度和扩展强度均较小,该时期居民住房改扩建现象已有所减少,工业用地逐步快速扩张,期间居住用地和工业用地分别增加了2.59和2.12 km²,说明居住用地占新增建设用地的比重仍大于工业用地。2001–2009年,随着农村城镇化和工业化进程的不断加快,农村集中居住区和工业用地进入快速扩张期,形成了点状和轴状扩展相结合的新的城镇建设格局,期间建设用地迅猛增加(面积增加5.81 km²),尤其是工业用地;此外,2000年后,随着生活的不断改善,人们对居住生活质量的要求进一步提高,原来的楼房逐步被翻建为

表1 辛庄镇1980–2009年间不同时段建设用地扩展情况
Table 1 Construction land expansion characteristics of each period during 1980–2009 in Xinzhuang Town

时段 Period	扩展面积 Expansion area (km ²)	扩展贡献率 Expansion percentage	扩展动态度 Expansion dynamic degree (%)	扩展强度 Expansion intensity
1980–1991	6.02	31.3	8.6	0.52
1991–2001	4.71	24.5	3.8	0.44
2001–2009	8.51	44.3	6.2	1.01
1980–2009	19.24	100	10.4	0.63

乡村别墅;该时期建设用地的扩展面积、扩展贡献率、年均增长速度和扩展强度均远大于其他时段,而由于基期建设用地面积较大,所以动态度值略小于1980–1991年。按目前趋势预测,辛庄镇的建设用地未来将持续快速增加。

2.2 苏南地区典型城镇建设用地的扩展贡献率、强度和动态度的空间分异特征

1980–1991年间,建设用地扩展贡献率和扩展强度最大的是张家桥、桃园和潭荡3个村,这3个村分别是原张桥、杨园和辛庄的镇政府所在地,说明该时期镇区建设在村镇建设中占据明显的主导地位;嘉菱、卫家塘和洞港泾3个村的扩展贡献率也较大,实地调查发现,部分村办企业最早出现在这几个村,带动了村镇建设的发展。南湖农场建设用地的扩展动态度最大,虽然其扩展面积不大,扩展贡献率仅占1.1%,但由于其初期建设用地面积很小,所以动态度值非常大;桃园、潭荡和张家桥村建设用地快速增加,其动态度也较大(表2)。

1991–2001年间,建设用地扩展贡献率较大的是双浜、洞港泾和卫家塘3个村,该时段,工业在这几个村得到了快速发展,工业用地显著增加,同时工业的发展改善了人民的生活水平,进而带动了居住用地的快速增加。双浜和南湖农场建设用地的扩展动态度较大,南湖农场的扩展贡献率虽然不大,但基期面积相对较小,导致动态度较大,期间双浜的建设用地面积增加0.54 km²,远大于其他各村。双浜、潭荡、卫家塘和洞港泾村建设用地的扩展强度较大,各村的村镇建设在这期间获得快速发展,建设用地显著增加。

2001–2009年间,洞港泾、辛中、双浜和潭荡4个村的扩展贡献率和扩展强度明显高于其他各村。2000年以来,辛庄镇建立了大量的工业园区,期间上述4个村的工业得到了迅猛发展,工业用地大肆增加,建设用地显著扩张。扩展动态度较大的是辛中、南湖农场、洞港泾和双浜,这4个村的动态度都大于10%。其中辛中村的动态度最大,达到23.6%,截至2009年初,建设用地占该村总面积的比例达到51.1%。

2.3 苏南地区典型城镇建设用地综合扩展程度的空间分异特征

从表3可以看出,1980–1991年间,原镇政府所在的桃园、张家桥和潭荡3村建设用地的综合扩展程度指数远高于其他各村,说明镇政府所在地是该时段建设用地快速扩展的集中区和活跃区;沈浜、

表 2 1980-2009 年各时段各村建设用地扩展特征

Table 2 Expansion characteristics of each village at different stages from 1980 to 2009

村名 Village name	扩展贡献率 Expansion percentage			扩展动态度 Expansion dynamic degree(%)			扩展强度 Expansion intensity		
	1980-1991	1991-2001	2001-2009	1980-1991	1991-2001	2001-2009	1980-1991	1991-2001	2001-2009
	嘉菱 Jialing	7.1	5.1	6.0	10.6	3.0	6.2	0.66	0.40
张家桥 Zhangjiaqiao	11.1	4.2	5.4	13.3	1.8	4.4	1.18	0.39	1.12
卫家塘 Weijiatang	6.4	8.1	6.7	7.4	4.4	5.8	0.40	0.44	0.82
南湖农场 Nanhunongchang	1.1	2.4	3.4	28.8	13.6	18.5	0.30	0.58	1.86
平墅 Pingshu	3.9	3.5	3.1	7.0	3.1	4.8	0.39	0.30	0.61
东旺 Dongwang	3.2	2.3	2.6	7.8	2.7	5.3	0.53	0.34	0.85
沈浜 Shenbang	2.4	4.4	2.6	4.4	4.7	4.1	0.27	0.42	0.55
旺倪桥 Wangniqiao	4.1	2.7	1.9	6.0	2.0	2.6	0.39	0.22	0.34
杨中 Yangzhong	4.3	4.3	4.7	4.6	2.7	4.8	0.34	0.30	0.68
朱家桥 Zhujiqiao	3.3	3.0	1.6	7.5	3.2	2.9	0.35	0.27	0.32
金荡 Jindang	3.3	5.5	0.9	11.9	7.4	1.5	0.45	0.64	0.23
合泰 Hetai	2.9	2.0	1.4	5.4	2.1	2.7	0.33	0.20	0.31
潭荡 Tandang	9.6	8.6	9.0	16.2	4.5	7.3	0.98	0.75	1.78
华欣 Huaxin	3.3	4.1	0.6	5.6	3.7	0.9	0.30	0.32	0.10
洞港泾 Donggangjing	7.1	7.8	14.1	7.8	4.0	11.6	0.45	0.43	1.74
张港泾 Zhanggangjing	4.3	4.2	5.6	7.6	3.4	7.8	0.55	0.46	1.40
辛中 Xinzhong	2.7	3.2	10.9	8.1	4.5	23.6	0.52	0.55	4.18
双浜 Shuangbang	3.0	11.5	9.6	8.0	13.9	10.9	0.39	1.28	2.40
吕舍 Lüshe	3.8	3.1	1.9	5.5	2.4	2.7	0.35	0.25	0.35
常南 Changnan	3.7	6.1	6.5	8.9	6.4	9.3	0.45	0.65	1.54
桃园 Taoyuan	9.5	3.8	2.0	23.0	2.3	2.2	2.37	0.82	0.96

华欣和合泰 3 村建设用地的综合扩展程度指数较小,因为这 3 村在该时期以农业和水产养殖业为主,建设用地所占比重很小,且增加缓慢。该时期建设用地高速扩展村只有 1 个(桃园),快速扩展村包括张家桥和潭荡 2 村,其他各村建设用地增速缓慢,均处于中低速扩展期(图 3)。

1991-2001 年间,由于地方政策的影响,研究区建设用地的快速增加得到抑制,总体扩展速度相对缓慢。工业发展较快的双浜村的建设用地综合扩展程度指数(0.82)最大;其次为辛庄和杨园镇政府所在的潭荡和桃园两村,其镇区居住用地仍处于快速增长期;旺倪桥的建设用地综合扩展程度指数(0.25)最小(表 3)。该时期建设用地的高速扩展村仍然只有 1 个(双浜村),但快速扩展村增加为 5 个,分别为桃园、潭荡、金荡、常南和南湖农场,其余各村建设用地的扩张相对缓慢(图 3)。

2001-2009 年间,建设用地快速扩展的重心发生转移,镇区扩展的绝对优势逐步减小,工业园区集中的村庄逐渐成为建设用地增长的主导。这一时期,工业快速发展的辛中村的综合扩展程度指数最大,工业的快速发展导致建设用地的急速增加;其次为双浜、潭荡和洞港泾,这 3 个村庄的综合扩展强度指数也都大于 1,说明其均处于快速扩展期;以水产养

殖为主的金荡村的综合扩展强度指数(0.26)最小(表 3)。该时期建设用地快速和高速扩展的村庄非

表 3 1980-2009 年各时段各村建设用地综合扩展程度指数
Table 3 Integrated expansion degree index of construction land in different villages during 1980-2009

村名 Village name	时段 Stage		
	1980-1991	1991-2001	2001-2009
嘉菱 Jialing	0.39	0.24	0.62
张家桥 Zhangjiaqiao	0.69	0.22	0.65
卫家塘 Weijiatang	0.24	0.26	0.47
南湖农场 Nanhunongchang	0.24	0.34	1.08
平墅 Pingshu	0.23	0.18	0.35
东旺 Dongwang	0.31	0.20	0.49
沈浜 Shenbang	0.16	0.25	0.32
旺倪桥 Wangniqiao	0.23	0.13	0.20
杨中 Yangzhong	0.20	0.17	0.39
朱家桥 Zhujiqiao	0.21	0.16	0.19
金荡 Jindang	0.27	0.38	0.14
合泰 Hetai	0.19	0.12	0.18
潭荡 Tandang	0.58	0.44	1.03
华欣 Huaxin	0.18	0.19	0.06
洞港泾 Donggangjing	0.27	0.25	1.01
张港泾 Zhanggangjing	0.32	0.27	0.81
辛中 Xinzhong	0.31	0.32	2.42
双浜 Shuangbang	0.23	0.75	1.39
吕舍 Lüshe	0.21	0.14	0.20
常南 Changnan	0.27	0.38	0.89
桃园 Taoyuan	1.38	0.47	0.56

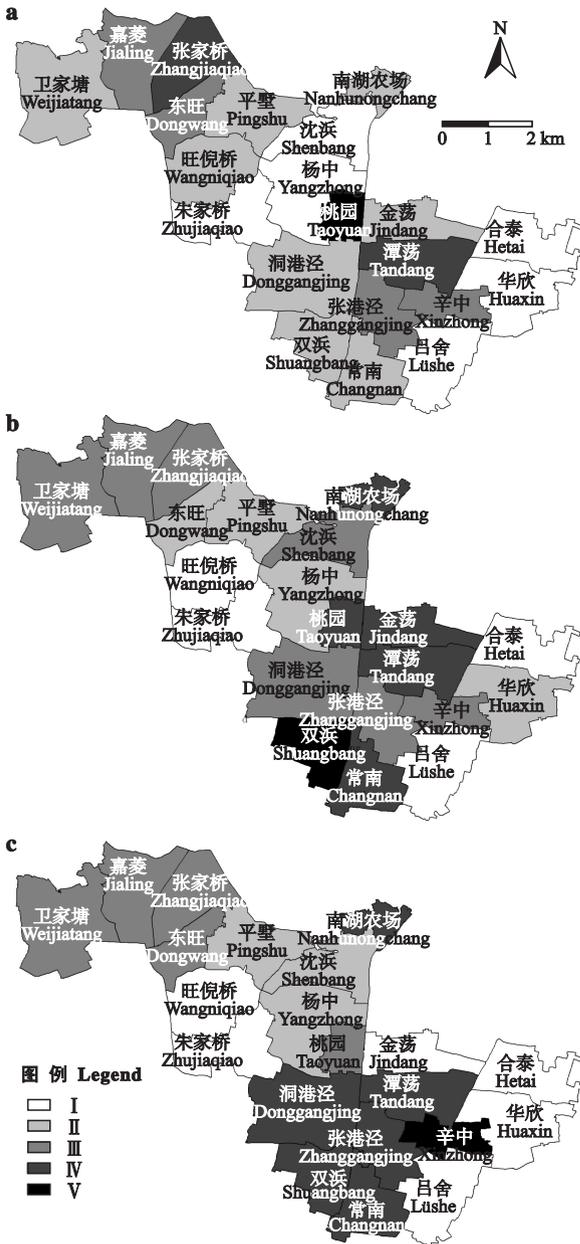


图3 1980–2009年研究区各时段建设用地综合扩展程度的空间分异

Fig. 3 Spatial differences of construction land expansion at different stages from 1980 to 2009 in the study area.

a) 1980–1991; b) 1991–2001; c) 2001–2009. I: 缓慢扩展 Slow expansion; II: 低速扩展 Expansion of low speed; III: 中速扩展 Expansion of medium speed; IV: 快速扩展 Expansion of rapid speed; V: 高速扩展 Expansion of high speed.

常集中,主要分布于原辛庄与杨园镇交界处的7个村,其外围的其他村庄的建设用地综合扩展速度相对缓慢(图3)。

2.4 苏南地区典型城镇建设用地扩展面积的来源分析

利用 ArcView 3.3 中的 Tabulate areas 模块进行转移矩阵分析,结果表明:1980–1991年间,研究区

水田和旱地是建设用地的转入源,二者共占建设用地总增长面积的94.0%,其中水田占71.7%;1991–2001年间,水田和旱地仍是建设用地增加的主要来源,二者分别占新增建设用地总面积的40.1%和25.2%,该时期建设用地侵占的耕地面积有所减少,尤其是对水田的侵占面积大大缩小;2001–2009年间,水田对建设用地增加的转入贡献率最大,占建设用地总增加面积的69.4%,其向工业用地和居住用地分别转化了388.90和266.75 hm²,其余土地类型转化为建设用地的面积较小。1980–2009年间,研究区新增建设用地主要源于水田和旱地,二者转化为建设用地的面积分别为1338.50和356.51 hm²,其中,旱地转化为居住用地和工业用地的面积分别为295.46和61.05 hm²,水田转化为居住和工业用地的面积分别为802.97和535.53 hm²。建设用地对其他景观类型的侵占面积相对较小。

3 结 论

1980–2009年,随着农村城镇化和工业化进程的加快,辛庄镇建设用地持续快速扩展,其面积共增加19.24 km²,占研究区总面积的18.5%。其中,2001–2009年的建设用地扩展速度最快,其扩展面积、贡献率和强度均最大;1991–2001年,建设用地扩展相对缓慢,其各项扩展指标均小于其他两个时期。

研究区各时段建设用地均呈增加趋势,但由于经济发展水平、政策导向和自然区位条件等诸多因素的差异,建设用地扩展存在显著的区域分异:1980–1991年,镇政府所在的各村的扩展面积和扩展强度明显高于其他村庄,体现了镇区建设的主导性;1991–2001年,工业起步较早的村庄的建设力度加大,其扩展贡献率和扩展强度也相对较大;2001–2009年,工业发达的各村的扩展贡献率和扩展强度远大于其余村庄。随着时间的推移,辛庄镇建设用地扩展的重心由镇区所在区域逐渐向工业园区集中的区域转移。由目前趋势可以预测,辛庄镇地区的工业化和城镇化进程将进入更快速的发展阶段,因此急需根据现有结果采取土地利用规划和政策约束等措施对建设用地进行积极引导和科学制约,从而实现区域土地利用的可持续发展。

1980–2009年,建设用地的主要转入源是水田和旱地,二者分别占建设用地总增加面积的69.6%和18.5%。其中,旱地转为居住用地和工业用地的面积分别为295.46和61.05 hm²,水田转化为居住

用地和工业用地的面积分别为 802.97 和 535.53 hm^2 。建设用地对其他土地利用类型的侵占面积相对较小。

针对目前建设用地扩展指数的各自优缺点,并满足研究区建设用地区域分异的需求,本文构建了综合扩展程度指数,综合考虑了建设用地扩展的相对变化率、绝对变化率和区域面积差异,可更全面准确地分析和比较不同区位建设用地综合扩展的空间分异特征。但本文构建的综合扩展程度指数的计算公式是否合理,指标选择和综合加权平均方法是否科学,还有待进一步的验证和改进。此外,本文对造成各村建设用地扩展空间分异的原因仅限于定性探讨,今后将着重对影响建设用地扩展的各因素进行定量分析,以更深入地理解建设用地扩展的内在驱动机制,正确引导和科学规划建设用地的空间扩张。

参考文献

- [1] Li X-B (李秀彬). A review of the international researches on land use/land cover change. *Acta Geographica Sinica*(地理学报), 1996, **51**(6): 553-558 (in Chinese)
- [2] Liu J-Y (刘纪远), Liu M-L (刘明亮), Zhuang D-F (庄大方), *et al.* The spatial pattern analysis of recent land use change in China. *Science in China Series D* (中国科学·D辑), 2002, **32**(12): 1031-1040 (in Chinese)
- [3] Bai W-Q (摆万奇), Zhao S-D (赵士洞). A comprehensive description of the models of land use and land cover change study. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 1997, **12**(2): 169-175 (in Chinese)
- [4] Tan Y-Z (谭永忠), Wu C-F (吴次芳), Mou Y-M (牟永铭), *et al.* Simulation of land use spatial pattern change on county scale in the rapid economic development region. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (农业工程学报), 2006, **22**(12): 72-77 (in Chinese)
- [5] Yin C-Y (尹昌应), Luo G-P (罗格平), Tang F-S (汤发树). Dynamic simulation and analysis of oasis land use spatial pattern at town-scale. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 2009, **29**(1): 68-75 (in Chinese)
- [6] Clarke KC, Gaydos LJ, Hoppen S. A self-modified cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning B*, 1997, **24**: 247-261
- [7] Jiang G-H (姜广辉), Zhang F-R (张凤荣), Kong X-B (孔祥斌), *et al.* The spatial differentiation of construction land expansion in Beijing mountainous area. *Geographical Research* (地理研究), 2006, **25**(5): 905-912 (in Chinese)
- [8] Zhao T-T (赵婷婷), Zhang F-R (张凤荣), An P-L (安萍莉), *et al.* Spatial differentiation in the expansion of construction land in Shunyi, Beijing. *Resources Science* (资源科学), 2008, **30**(10): 1517-1524 (in Chinese)
- [9] Ma YL, Xu RS. Remote sensing monitoring and driving force analysis of urban expansion in Guangzhou City, China. *Habitat International*, 2009, **34**: 228-235
- [10] Doygun H, Alphan H, Gurun DK. Analyzing urban expansion and land use suitability for the city of Kahramanmaraş, Turkey, and its surrounding region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, **145**: 387-395
- [11] Xaio JX, Shen YJ, Ge JF, *et al.* Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 2006, **75**: 69-80
- [12] Li X, Yeh AGO. Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **69**: 335-354
- [13] Jat MK, Garg PK, Khare D. Monitoring and modeling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2008, **10**: 26-43
- [14] Batisani N, Yarnal B. Urban expansion in Centre County, Pennsylvania; Spatial dynamics and landscape transformations. *Applied Geography*, 2009, **29**: 235-249
- [15] Li X-W (李晓文), Fang J-Y (方精云), Piao S-L (朴世龙). The comparison of spatial characteristics in urban land use growth among the central and sub-cities in Shanghai region. *Geographical Research* (地理研究), 2003, **22**(6): 769-779 (in Chinese)
- [16] Zhang X-Y (张心怡), Liu M (刘敏), Meng F (孟飞). Expansion of urban construction in Shanghai City based on RS and GIS. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* (长江流域资源与环境), 2006, **15**(1): 29-33 (in Chinese)
- [17] He C-Y (何春阳), Shi P-J (史培军), Chen J (陈晋), *et al.* Process and mechanism of urbanization in Beijing area. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2002, **57**(3): 363-371 (in Chinese)
- [18] Zhang F (张峰), Zhang X-S (张新时). Urbanization expanding process and its spatial characteristics in Changping district of Beijing. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(6): 1128-1132 (in Chinese)

- [19] Li F-X (李飞雪), Li M-C (李满江), Liu Y-X (刘永学), *et al.* Urban growth in Nanjing since 1949. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2007, **22**(4): 524-535 (in Chinese)
- [20] Wang Q (王茜), Zhang Z-X (张增祥), Yi L (易玲), *et al.* Research on urban expansion in Nanjing using RS and GIS. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* (长江流域资源与环境), 2007, **16**(5): 554-559 (in Chinese)
- [21] Sui DZ, Zeng H. Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: A case study in Shenzhen. *Landscape and Urban Planning*, 2001, **53**: 37-52
- [22] Zeng H (曾辉), Jiang Z-Y (江子赢). Landscape structure of Longhua area in Shenzhen City during fast urbanization process: Structure and heterogeneity analysis of urban construction area. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2000, **11**(4): 567-572 (in Chinese)
- [23] Xu J-F (徐俊锋), Huang J-F (黄敬峰). A GIS based patterns and dynamic mechanisms of small town land use spatial expansion in Xianju County, Zhejiang Province. *Journal of Mountain Science* (山地学报), 2005, **23**(1): 115-120 (in Chinese)
- [24] Sun SH. Urban expansion in contemporary China: What can we learn from a small town? *Land Use Policy*, 2010, **27**: 780-787
- [25] Feng J (冯健), Zhang X-L (张小林). A research on development of township and changes of modern rural community of Southern Jiangsu Province. *Progress in Geography* (地理科学进展), 1999, **18**(3): 222-229 (in Chinese)
- [26] Zhou R (周锐), Li Y-H (李月辉), Hu Y-M (胡远满), *et al.* Spatiotemporal expansion of urban and rural built-up areas in Shenyang City: An analysis based on remote sensing and GIS technology. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, **20**(10): 2446-2454 (in Chinese)
- [27] Zhou R (周锐), Li Y-H (李月辉), Hu Y-M (胡远满), *et al.* Dynamic changes of landscape in Xinzhuang town based on high-resolution remote image and GIS. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2010, **29**(5): 1000-1007 (in Chinese)
- [28] Ma R-H (马荣华), Chen W (陈雯), Chen X-H (陈小卉), *et al.* Town and construction land growth of Changshu City. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2004, **59**(3): 418-426 (in Chinese)
- [29] Liu S-H (刘盛和), Wu C-J (吴传钧), Shen H-Q (沈洪泉). A GIS based model of urban land use growth in Beijing. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2000, **55**(4): 407-416 (in Chinese)
- [30] Wu X-Q (吴晓青), Hu Y-M (胡远满), He H-S (贺红士), *et al.* Spatiotemporal pattern and its driving forces of urban growth in Shenyang City. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2007, **18**(10): 2282-2288 (in Chinese)
- [31] Chu J-L (储金龙), Ma X-D (马晓东), Gao S (高抒), *et al.* Spatio-temporal characteristics of urbanization area growth in Nantong City, Jiangsu Province. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2006, **21**(1): 55-63 (in Chinese)
- [32] Ma R-H (马荣华), Gu C-L (顾朝林), Pu Y-X (蒲英霞), *et al.* Urban spatial sprawl pattern and metrics in south of Jiangsu Province along the Yangtze River. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2007, **62**(10): 1011-1022 (in Chinese)
- [33] Zhang X-C (张新长), Liang J-C (梁金成). Study on change of urban land-use and forecasting model. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* (中山大学学报·自然科学版), 2004, **43**(2): 121-125 (in Chinese)
- [34] Wang X-L (王秀兰), Bao Y-H (包玉海). Study on the methods of land use dynamic change research. *Progress in Geography* (地理科学进展), 1999, **18**(1): 81-87 (in Chinese)

作者简介 周锐,男,1981年生,博士,助理研究员. 主要从事城镇扩展、土地利用变化和3S技术应用研究,发表论文10余篇. E-mail: zhourui1215@163.com

责任编辑 杨弘
