

快速城市化地区城乡结合部及其用地结构演变——以无锡市为例

杨 山, 陈 升

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210046)

摘要: 论文采用 RS 方法解析遥感影像, 并结合镇(乡)级行政区划图, 界定无锡市 1979~2008 年 6 个时段的城乡结合部范围, 结果表明城乡结合部范围与同时期城市建成区大小及经济发展水平呈正相关。参照我国土地利用分类体系对提取的历年城乡结合部用地类型进行重新划分, 运用 GIS 属性表的统计功能及景观生态学方法对重新划分的用地类型进行结构分析, 结果表明城乡结合部建设用地比重随城乡结合部范围变化不断提高, 耕地比重大幅度下降; 除建设用地在 1998 年以后用地形态趋整, 其他各类用地形态均趋于破碎化, 反映出各种规划的力量更多体现在对建设用地的控制; 耕地相邻边界长度变化表明城乡结合部范围内农业活动的主体地位被非农产业活动替代。

关键词: 城乡结合部; 用地类型; 结构演变; 无锡市

文章编号: 1000-0585(2009)05-1255-09

1 引言

近 30 年来, 我国城市化水平迅速提高, 城市化率从 20% 左右提高到 42.99%^[1]。江苏长江以南地区, 尤其是苏州、无锡、常州市, 伴随着城市化水平的快速提升, 城市规模迅速扩大。作为城市扩展的前沿阵地, 城乡结合部的空间及土地利用变化最为激烈, 并成为城乡各种矛盾的集中地和缩影。由于该地域结构复杂、动态变化大、边界游移不定, 对它的范围难以界定, 很难为管理部门提供清晰的管理范围。因此, 科学合理界定城乡结合部范围, 并对其空间及其内部用地结构变化规律进行研究, 对深化人文地理学理论以及为城乡结合部的管理和城乡规划提供科学指导均具有重要意义。

城乡结合部作为城乡地域的重要组成部分, 不仅兼有城市和乡村地域特征, 而且具有自身的特殊性。从地理学视角, 主要表现其空间范围的模糊性和用地结构的动态性。城乡结合部相关的概念是 1936 年德国学者 Louis 提出的城市边缘带 (S+ ad+ randzonen)^[2], 即原处于城市边界, 后被建成区侵吞成为市区的地区。Andrews 在进行城市边缘类型研究时认为城市边缘带不足以真正表达出城乡结合部的全部地域, 提出“乡村—城市边缘带” (Rural-Urban Fringe) 的概念^[3]。Pryor 将其定义为“一种土地利用、社会和人口特征的过渡地带, 它位于中心城的连续建成区与外围几乎没有城市居民住宅、非农土地利用的纯农业腹地之间, 兼具有城市与乡村两方面的特征, 人口密度低于中心城, 但高于周

收稿日期: 2009-04-18; 修订日期: 2009-07-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40771062): 大城市城乡耦合地域状态及系统测度研究。

作者简介: 杨山 (1963-), 男, 江苏盐城人, 教授, 博士。从事城市地理学及区域规划研究。

E-mail: yangshan@njnu.edu.cn

围的农村地区”^[4]。在我国,“城乡结合部”由规划界与土地管理部门于 20 世纪 80 年代中期提出,这个概念注重了城市与乡村功能相互作用与相互渗透的特点,“是一种城市与乡村互相结合的特殊经济地理单元”^[5]。城乡结合部刚提出时主要指城市规划所规定的市区范围的边缘地带,因此便有人认为城乡结合部是“城市市区与郊区交错分布的接壤地带,……也可称之为市郊结合部。这种城乡结合部的发生、演变是城市近域推进的具体表现,也是城市区域构成的主要部分之一”^[6]。

对城乡结合部进行研究,就必须界定其范围。国外学者尝试通过量化的指标来界定城乡结合部的地域范围,如用城乡边缘带内散居人口(非农业人口)与农业人口之比来定量地给城乡边缘带划界^[7]、采用居住价格变化确定城乡边缘带^[8]、将城市核心建成区以外一定距离的环城地带作为城市边缘区的地域范围^[9]。国内有学者认为“内边界以城市建成区基本行政区单位—街道为界,外边界以城市物质要素(如工业、居住、交通、绿地等)扩散范围为限”^[10],也有应用交通可达性、城市外环路、遥感技术与信息熵原理、“断裂点”分析法、利用 DTM 信噪度分析、均值突变检测方法引入遥感影像的空间分析等来划分城乡结合部范围^[11~16]。

城乡结合部由于城市性要素与乡村性要素的交互作用,伴随城市化水平不断提高,城乡结合部用地结构一直处在快速变动之中。近年来,国内外学者更多关注城市化与整个城市用地结构的变化及其对城市生态环境的胁迫机制,如研究城市化引起的土地利用/覆被变化的生态环境影响、城乡之间生态环境导向过程、土地利用变化与经济发展来阐述城市蔓延与自然区侵蚀作用等^[17~19]。国内研究集中在运用景观格局指数对城乡交错带景观演变进行研究、利用 TM 遥感影像提取城镇用地基础上研究城市边缘区的空间扩展过程、分析城市化引起的用地结构变化对城市生态安全的影响、定量揭示城市化与生态环境的动态耦合与交互胁迫机制等^[20~24]。对于苏锡常地区则有研究农用地及农村居民点的时空演变、土地利用变化时空分异的生态环境响应、城乡结合部信息的提取等^[25~27]。

上述各种界定城乡结合部方法作为特定城市的研究具有特殊性,在数据获取方面也很难复制到其他地区应用,而对城乡结合部土地利用结构研究多侧重生态和景观内容。本文以快速城市化地区无锡市为案例,通过遥感技术分析无锡市的美国陆地卫星(Landsat) TM 和 MSS 遥感影像,遥感影像不仅可以实时反映出城市扩展和城乡用地结构特征,而且可以采用历史图像获取过去的城乡用地结构,为研究城乡结合部及用地结构演变规律提供可行性。进而提供一种易于不同城市对比研究的界定城乡结合部方法,而用地结构演变规律研究侧重于探讨其与规划作用之间的关系,从而为我国各规划部门管理成效评估提供科学依据。

2 研究区及数据来源

2.1 研究区概况

无锡市位于江苏省东南部,长江三角洲江湖间走廊部分,东距上海 128 km;南濒太湖;西距南京 183 km;北临长江。无锡市为江苏省省辖市,市区总面积 1622.64 km²,下辖锡山、惠山、崇安、北塘、南长、滨湖七个区。2008 年市区总人口 230 万人, GDP 为 2330 亿元,城市化率超过 70%。

2.2 数据来源及处理

文章涉及的遥感影像数据为无锡市 1979 年 MSS 遥感影像,1984、1991、1998、2005

和 2008 年 TM 遥感影像 (表 1)。由于本文研究区为中尺度范围, 1979 年影像分辨率偏低对数据分析结果影响很小, 满足遥感解译提取的用地类型精度。其他数据来自 6 个年份统计年鉴, 各区镇调查数据, 对应年份行政区划图, 1970 年 1: 10 万地形图, 2005 年无锡市总体规划等。图像和数据处理采用 Erdas8 7、Arcview GIS 3 3、Fragstats3 3、SPSS16. 0 等软件实现, TM 遥感影像几何纠正及解译精度控制在 1 个像元。

3 城乡结合部空间范围确定及分析

3.1 空间范围确定过程

本文界定城乡结合部范围遵循三个原则: 区域差异性原则, 既能够综合反映城乡结合部内部的基本特征, 同时也能够表现出城乡结合部与城市和乡村之间的差异; 可操作性原则, 界定指标要易于获取, 实证研究可行, 资料收集便利, 尽可能与行政管辖范围一致; 同步性原则, 随着城市规模的不断扩大, 城乡结合部内外边界处于动态变化之中, 但应基本保持与建成区扩大比例一致性。

在国外城市扩展研究中, 一般都明确地将建设用地面积增加作为反映城市扩展的一个重要的特征性指标, 城市建成区界线作为一个封闭连续的曲线, 是非常理想的城乡结合部的分界线, 以城市建成区的边缘线作为城乡结合部的内边界是合理可行的。城市建成区边缘线的提取可以通过对遥感影像的处理获取, 具体处理流程见图 1。

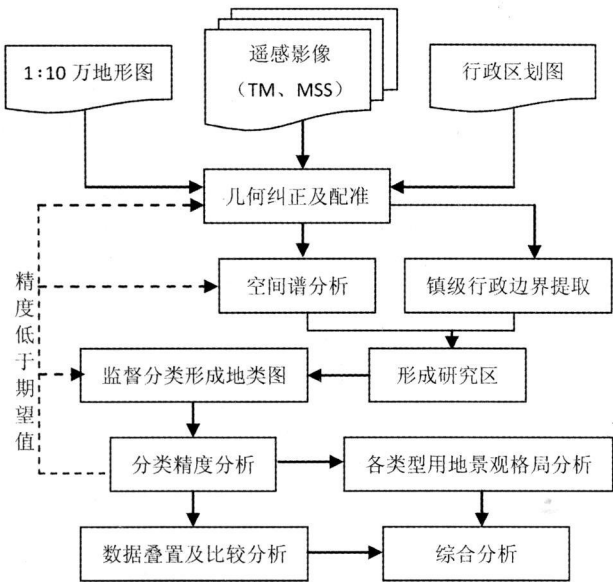


图 1 技术流程图

Fig 1 Framework of the technology

表 1 遥感影像数据

Tab 1 Data of remote sensing

时间	数据类型	分辨率 (m)	合成波段
1979/05/25	MSS	80×80	421
1984/07/17	TM	30×30	321
1991/10/27	TM	30×30	432
1998/08/11	TM	30×30	432
2005/10/17	TM	30×30	432
2008/07/05	TM	30×30	432

城乡结合部与乡村地域的分界线无法单纯依靠用地标准来划分,城市向乡村逐步变化过渡,在地表上不存在一个明显、连续、确定的景观边界。城乡结合部实质上就是城市功能辐射影响区,是无形的城市辐射力操纵着城乡结合部向外膨胀的幅度。在城市发展过程中,尽管有些建设项目因资源或者交通的吸引可能跨城乡结合部发展,但城市辐射作用通常不会跨越地域,特别是城乡一体化基础设施建设,只能从城市建成区向周边乡镇由近及远依次展开,最靠近建成区的乡镇区优先建设发展。因此本文

本文将同城市建成区相连乡镇的行政界线所形成的闭合曲线作为城乡结合部的外缘,照此标准确定的无锡市 1998 年城乡结合部范围遥感影像如图 2 所示。

由于城市生长并非均匀向外扩展,在某个时期城市沿着主导方向(如沿交通轴)扩展迅速^[27],若以上述方法确定城乡结合部外边界,在城市扩展主导方向上城乡结合部范围有可能很小,而事实上城市辐射影响范围从理论上应该更大,城乡结合部需要相应向农村腹地推进。因此,根据本文城乡结合部界定的第三个原则,城乡结合部外边界在主导方向要进行修正:把无锡市城市空间划分 8 个象限^[28],计算 8 个象限内城乡结合部面积平均大小,该值作为阈值 δ ;如果同一时期城市建成区扩展主导方向的城乡结合部范围小于 δ ,并且该方向小城镇已与城市建成区连成一体,城乡结合部的范围自动向外扩展一个乡镇。修正后的城乡结合部范围如图 3 所示。

3.2 城乡结合部空间范围演变分析

通过上述对城乡结合部内外边界的阐释及技术途径处理得出 1979~2008 年 6 个时段

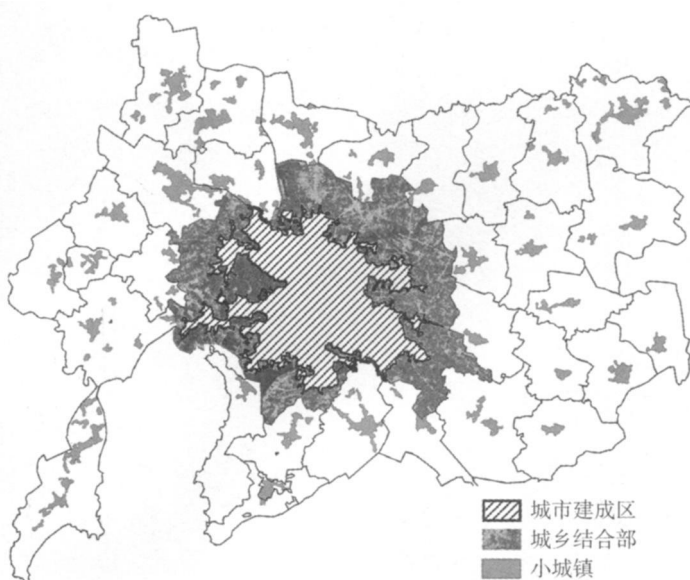


图 2 城乡结合部范围 (1998, 修正前)

Fig. 2 Rural-urban fringe scope before amendment

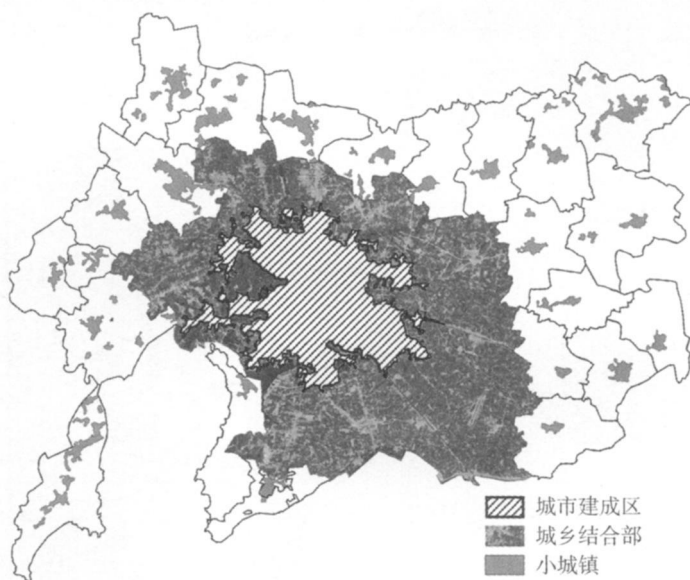


图 3 城乡结合部范围 (1998, 修正后)

Fig. 3 Rural-urban fringe scope after amendment

的城市建成区面积及城乡结合部面积，与同时期内的国内生产总值相对比进行研究，结果如图4所示。

从图4中可以看出，采用上述方法界定城乡结合部范围，城乡结合部的扩展与城市建成区的扩展同步，不仅满足本文提出的界定原则，而且二者之间的Pearson相关系数为0.98。城乡结合部的用地扩展与同时期的国内生产总值也表现出高度的正相关，Pearson相关系数为0.99。城市建成区的扩展与同期国内生产总值Pearson相关系数为0.95。这从另一角度说明城市空间扩展及城乡结合部的空间变化根本上是经济活动在地域空间上的响应。

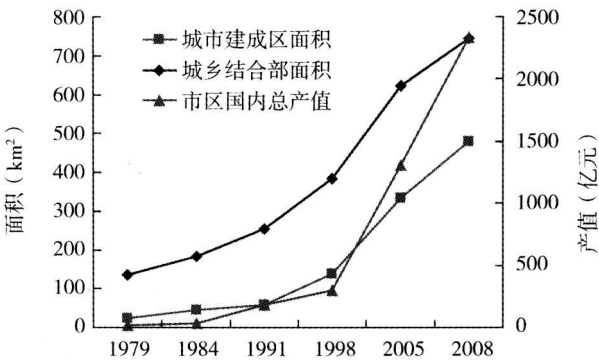


图4 用地结构与经济活动关系

Fig 4 Relationship of land use structure and economic activities

4 城乡结合部用地构成及演变

4.1 城乡结合部用地构成

根据快速城市化地区无锡市城乡结合部自然条件和耕作生产方式特点，以及基于Landsat陆地卫星的影像分辨率，并依据全国土地利用分类体系，把城乡结合部的环境构成分成四类：耕地、绿地、水体和建设用地。耕地是指蔬菜和水稻种植用地，绿地是指林地、园地和草地，水体是指河流水面、湖泊水库及水产养殖用地，建设用地是指城乡居民点、独立工矿及道路交通用地。通过监督分类后的4种用地类型在对应年份的城乡结合部的面积及其比重如表2所示。

表2 城乡结合部各用地类型及其比重

Tab 2 Land use types and proportion of rural-urban fringe

年份	耕地 (km²)		绿地 (km²)		水体 (km²)		建设用地 (km²)	
	面积	比重 (%)	面积	比重 (%)	面积	比重 (%)	面积	比重 (%)
1979	81.4	60.0	26.3	19.4	10.7	7.9	17.2	12.7
1984	102.1	55.7	41.2	22.5	13.7	7.5	26.2	14.3
1991	107.7	42.3	86.1	33.8	21.4	8.4	39.5	15.5
1998	134.9	35.1	144.1	37.5	32.7	8.5	72.6	18.9
2005	171.1	27.5	251.9	40.5	31.7	5.1	167.4	26.9
2008	166.0	22.3	281.4	37.8	26.8	3.6	270.2	36.3

从表2中看出随着城乡结合部的范围变化，建设用地面积在快速增加的同时其比重也不断提高，特别是1998年以后，建设用地面积急速扩张，至2008年已占城乡结合部面积的36.3%。耕地面积占历年城乡结合部的比重持续下降，绿地面积比重变化则呈现先增后降态势，水体比重变化较为稳定，但1998年以后仍有所下降。

4.2 城乡结合部用地结构格局演变

用地结构除包括各用地类型面积及比重之外，还包括用地结构的延伸变化现象，如各

种用地类型地块的数量及密度、各类型用地比重在变化的同时是否更加分散或集中、用地形状是否更加复杂等等。为此借用景观生态学中的景观格局指数进行研究，把在空间上相连的同用地类型形成的闭合区域作为用地斑块 (patch)。通过图 1 所示的流程图，选取用地结构格局指数：斑块密度 (Patch Density)，指单位面积上的斑块数量；平均斑块大小 (Mean Patch Area)，指某一类用地斑块的平均大小；边缘密度 (Edge Density)，指某类用地单位面积上的斑块边界长度；斑块形状指数 (Patch Shape Index)，描述某类用地的规则程度。具体计算结果如图 5、图 6 所示。

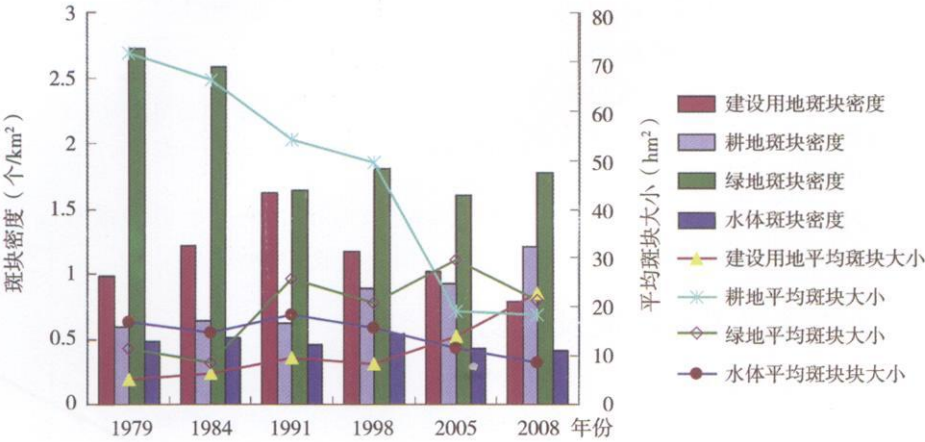


图 5 城乡结合部历年用地斑块密度及平均斑块大小

Fig. 5 Patch density and mean patch area of rural-urban fringe

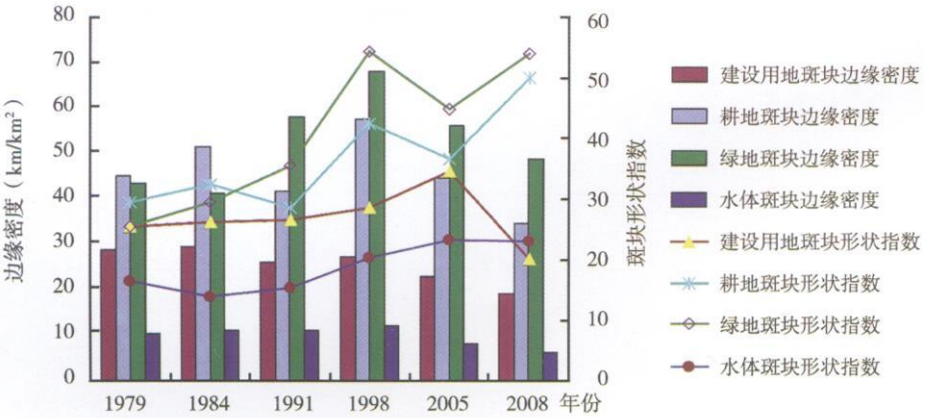


图 6 城乡结合部历年用地边缘密度及斑块形状指数

Fig. 6 Edge density and landscape shape index of rural-urban fringe

从图 5 中可以看出建设用地的斑块密度 1979~1991 年为上升期，之后出现不断下降趋势，由 1991 年的 1.62 个/ km² 变为 2008 年的 0.78 个/ km²，表明城乡结合部的建设用地初始变得分散，之后建设用地趋于集中；耕地斑块密度不断上升，从 1979 年的 0.59 个/ km² 上升为 2008 年的 1.21 个/ km²，耕地不断趋于破碎化；绿地斑块密度则在 1991 年以后一直处在稳定状态；水体斑块密度的变化没有明显的规律，处于相对稳定的状态。建设用地平均斑块大小 1979 年为 5.14 hm²，1991 年为 9.53 hm²，1998 年为 8.40 hm²，

2008 年则快速上升为 22.84 hm²，表明建设用地在 1998 年以后趋于大块集中；城乡结合部耕地平均斑块大小呈现不断下降趋势，从 1979 年的 71.80 hm² 下降到 2008 年的 18.33 hm²，耕地更加破碎化；绿地与水体的平均斑块变化无明显的规律，呈现不规则的小幅交替性变化。

图 6 中的城乡结合部用地类型边缘密度变化大体上以 1998 年为分界线，1998 年以前处在上升阶段，1998 年以后则处于下降阶段。城乡结合部 4 种用地类型在斑块形状指数上整体呈现上升态势，表明各种用地类型斑块在用地形状上均趋于复杂，其中建设用地斑块形状指数在 2005 年以后出现下降，表明建设用地在此之后趋于规则化。

4.3 城乡结合部用地边界格局演变

城乡结合部的用地结构演变不仅体现在各种用地斑块面域结构的各种变化，而且各种用地类型的线形结构也表现了城乡结合部的用地结构变化。本文的线形结构是指两两不同的用地类型之间的边界长度及其变化，并且不同用地类型之间的相互作用是通过相邻边界进行，对相邻边界长度变化的研究成为必要。具体计算结果如表 3 所示。

通过对 4 种用地类型两两之间的边界长度及其比例的变化分析，与耕地相邻的边界长度比例从 1979 年的 81.3% 下降到 2005 年的 53.0%，与此同时建设用地相邻边界的比例则从 33.6% 上升到 67.8%，建设用地主导地位不断增强，耕地主导地位不断下降。1979 年城乡结合部相邻边界中耕地—绿地边界所占比例最高为 53.6%，之后不断下降至 2008 年的 26.8%，2008 年城乡结合部相邻边界类型中建设用地—绿地所占比例最高为 41.6%，从另一方面反映了耕地地位随着建设用地地位的提高而下降的趋势一直在进行。与水体相关的边界变化一直较为稳定，从现象上反映了城市建成区的扩大未对城乡结合部的水体用地景观格局产生明显作用，而实质上是在城乡结合部水体保护受到了高度重视。

表 3 相邻边界类型及其长度
Tab 3 The types and lengths of boundaries

边界类型	1979		1984		1991		1998		2005		2008	
	边界	长度	边界	长度	边界	长度	边界	长度	边界	长度	边界	长度
	长度	比例	长度	比例	长度	比例	长度	比例	长度	比例	长度	比例
	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
建设用地—耕地	194.5	18.6	276.6	22.8	124.1	10.1	558.9	22.6	734.1	24.7	1020.5	23.6
建设用地—绿地	134.9	12.9	173.2	14.3	366.3	29.9	737.0	29.9	949.1	31.8	1798.4	41.6
建设用地—水体	22.0	2.1	28.5	2.3	40.2	3.3	62.2	2.5	64.4	2.2	111.8	2.6
耕地—绿地	560.6	53.6	600.3	49.5	53.5	43.7	906.4	36.7	1000.8	33.6	1159.8	26.8
耕地—水体	95.2	9.1	97.6	8.0	31.8	2.6	37.1	1.6	47.6	1.6	112.5	2.6
绿地—水体	38.7	3.7	36.9	3.1	127.9	10.4	166.2	6.7	180.2	6.1	121.3	2.8
总和	1045.9	100	1213.1	100	1225.8	100	2467.8	100	2976.2	100	4324.3	100

5 结论

(1) 通过 GIS、RS 技术分析遥感影像并结合行政区划，在地域空间上界定城乡结合部范围。该方法兼顾城乡用地结构特征和行政区划，标准客观，适用不同城市研究，并易于不同城市进行对比分析。

(2) 以本文方法界定的城乡结合部范围与城市建成区及城市经济发展具有高度相关性,并呈同幅变化,进一步证明本文提出的界定城乡结合部方法的合理性和科学性。

(3) 无锡市城乡结合部用地结构变化显示,快速城市化地区城乡结合部耕地比重持续下降且用地趋于破碎化;而建设用地比重不断提高,特别是在1998年以后,建设用地比重大幅度提高的同时其斑块密度出现下降,充分体现各种规划主要重视对建设用地的管理。

(4) 通过对无锡市城乡结合部不同用地类型之间相邻边界的长度分析,耕地相邻边界主导地位被建设用地相邻边界快速替代,反映随着城市化水平迅速提高,城乡结合部的城市化特征(即城市用地特征)越来越明显。

(5) 在本文城乡结合部用地结构分析基础上,结合社会属性调查资料,可进一步研究用地结构变化的动力机制和城乡规划调控的重点。

参考文献:

- [1] 陈明星,陆大道,查良松.中国城市化与经济发展水平关系的国际比较.地理研究,2009,28(2):464~474.
- [2] 陈佑启.城乡交错带名辨.地理学与国土研究,1995,11(1):47~52.
- [3] Andrews R B. Elements in the urban fringe pattern. Journal of Land and Public Utility Economics, 1942, 18: 169~183.
- [4] Pryor R J. Defining the rural-urban fringe. Social Forces, 1968, 47(2): 202~215.
- [5] 金平.论城乡结合部.开发研究,2001,(1):9~10.
- [6] 严重敏.试论我国城乡人口划分标准和城市规模等级问题.人口与经济,1989,(2):50~55.
- [7] Bryant C R. The City's Countryside. London and New York: Longman, 1982, 5~11.
- [8] Lesage J P, Charles J S. Using home buyers' revealed preferences to define the urban-rural fringe. Journal of Geographical Systems, 2008, 10: 1~21.
- [9] 顾朝林.城市地理.北京:科学技术出版社,2000.
- [10] 顾朝林,陈田,丁金宏,等.中国大城市边缘区特性研究.地理学报,1993,48(4):317~328.
- [11] 梁运斌,邹勇.关于我国城市开发区的初步研究.城市规划,1993,(4):27~30.
- [12] 王国强,王令超,李春发,等.城乡结合部土地利用研究——以郑州市为例.地域研究与开发,2000,19(2):32~35.
- [13] 程连生,赵红英.北京城市边缘带探讨.北京师范大学学报,1995,(3):128~129.
- [14] 陈佑启,余国强.新的地域与功能——城乡交错带.中国农业资源与区划,1996,(3):9~22.
- [15] 章文波,方修琦,张兰生.利用遥感影像划分城乡过渡带方法的研究.遥感学报,1999,(8):199~203.
- [16] 叶明.宁波城市边缘带研究.宁波大学学报,2000,13(2):16~20.
- [17] Jeffrey D K, Alissa M, Ralph J A. Integrating urbanization into landscape-level ecological assessments. Ecosystem, 2001, 4: 3~18.
- [18] Tjallingii S P. Ecology on the edge: Landscape and ecology between town and country. Landscape and Urban Planning, 2000, 48: 103~119.
- [19] Robert W. Urban sprawl and natural areas encroachment: linking land cover change and economic development in the Florida Everglades. Ecological Economics, 2001, 37: 357~369.
- [20] 高峻,宋永昌.基于遥感和GIS的城乡交错带景观演变研究——以上海西南地区为例.生态学报,2003,23(4):805~813.
- [21] 吴铮争,宋金平,王晓霞,等.北京城市边缘区城市化过程与空间扩展——以大兴区为例.地理研究,2008,27(2):285~293.
- [22] 方创琳,黄金川,步伟娜.西北干旱区水资源约束下城市化过程及生态效应研究的理论探讨.干旱区地理,2004,27(1):1~7.
- [23] 龚建周,夏北成,陈健飞,等.基于3S技术的广州市生态安全景观格局分析.生态学报,2008,28(9):4323~4333.

- [24] 刘玉, 冯健, 孙楠. 快速城市化背景下城乡结合部发展特征与机制——以北京海淀区为例. 地理研究, 2009, 28(2): 499~ 512.
- [25] Long H L, Liu Y S, Wu X Q. Spatio-temporal dynamic patterns of farmland and rural settlements in Su-Xi-Chang region: Implications for building a new countryside in coastal China. Land Use Policy, 2009, 26(2): 322~ 333.
- [26] 涂小松, 濮励杰. 苏锡常地区土地利用变化时空分异及其生态环境响应. 地理研究, 2008, 27(3): 583~ 593.
- [27] 王静, 杨山, 何挺, 等. 城乡结合部土地利用变化的信息提取技术与分析——以无锡市为例. 地理科学进展, 2004, 23(2): 1~ 9.
- [28] 杨山, 吴勇. 无锡市形态扩展的空间差异研究. 人文地理, 2001, 16(3): 84~ 88.

The evolvement of rural-urban fringe and land use structure of rapidly urbanized area: A case study of Wuxi

YANG Shan, CHEN Sheng

(School of Geographical Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: This paper uses methods of GIS and RS, in particular, to interpret the remote sensing image, combined with the town level administrative division map. Thus it provides a standard method of defining the rural-urban fringe. According to this method we can define the rural-urban fringe of Wuxi in 6 periods from 1979 to 2008. Analyses show that the scope of rural-urban fringe has a positive correlation with the size of built-up urban area and the level of economic development. Referring to China's land-use classification system, the paper divides the land types in rural-urban fringe over the years. Using statistical features of GIS attributes table and the method of landscape ecology the paper researches the structure of the land-use, and the results show that the proportion of construction land rapidly increases as the scope of rural-urban fringe changes; at the same time, the proportion of plowland continues to decline. All the types of land-use tend to be fragmented while construction land tends to integrate after 1998. This reflects that various planning endeavors take effect in control of construction land. The boundary length and the proportion of adjacent land also show that the rural-urban fringe land-use structure has changed. To sum it up, this analysis shows that the construction land has dominated the rural-urban fringe area instead of plowland.

Key words: rural-urban fringe; land use types; structure evolution; Wuxi