

张晓祥, 徐盼, 戴煜暄, 等. 海岸带城市土地利用变化分析——以江苏盐城市为例[J]. 热带地理, 2013, 33(3): 291-298.

海岸带城市土地利用变化分析

——以江苏盐城市为例

张晓祥¹, 徐盼¹, 戴煜暄¹, 申翔^{2,3}, 汤春峰^{2,3}

(1. 河海大学 地理信息科学与工程研究所, 南京 210098; 2. 江苏省城市规划设计研究院, 南京 210036;

3. 江苏省城市交通规划研究中心, 南京 210036)

摘要:土地利用/覆被变化(LUCC)是全球变化和区域可持续发展研究的核心问题。海岸带是陆地海洋相互作用和人类活动最敏感的区域, 海岸带 LUCC 的研究对适应环境和自然的挑战具有重要意义。本文以江苏沿海具有代表性的盐城市作为研究区, 选取 1978-2007 年 5 期 Landsat MSS/TM 影像作为数据源, 在参考国内外遥感分类系统的基础上, 结合研究区实际, 建立遥感分类系统, 使用主成分分析(PCA)遥感分类方法和分类后比较变化检测方法, 并在 GIS 分析技术支持下获取盐城市近 30 年的土地利用变化数据, 分析其结构、数量、速率及格局变化。结果表明:(1)从土地利用结构上看, 研究时段内盐城市土地利用变化较大, 但利用结构相对稳定; 土地利用类型以耕地为主, 但近几年城市建设用地大量增加, 比重不断攀升;(2)从土地利用变化数量、速率上看, 不同时期土地利用类型变化剧烈, 一级地类数量增长最大的是建设用地, 其中城镇建设用地由 1978 年的 167.01 km² 扩张至 2007 年的 725.19 km², 增长至原来的 4.34 倍, 城镇建设用地变化速率在 2004-2007 年高达 15%以上;(3)从空间格局变化看, 盐城市中心城区特别是开发区和新辟为市区的盐都区发展速度最快, 而滨海港、大丰港的建设和周边国有盐场的改制也显著促进了沿海地区的发展。

关键词:土地利用/覆被变化; 海岸带; 变化检测; 城市扩展; GIS; 盐城

中图分类号: TP79; F301

文献标识码: A

文章编号: 1001-5221(2013)03-0291-08

我国有长达 18 000 km 的海岸线, 沿海地区人口稠密, 经济发达, 全国 70%以上的大、中城市, 都集中在沿海地区^[1]。沿海地区通常都是经济增长的高地, 但江苏沿海地区却是经济发展的洼地, 长期以来一直是江苏经济社会发展的短板。当前, 江苏沿海开发成为国家战略, 开发力度空前, 新的时期如何统筹江苏海岸带利用与实现海岸带可持续发展是一个亟待解决的问题, 在理论方法上如何评估江苏海岸带的发展状况, 在技术手段上如何测度海岸带发展变化是区域研究的热点和难点。国际上, 土地利用/覆被变化(Land Use/Cover Change, LUCC)研究是可持续发展和全球变化研究的重要内容^[2-4], 海岸带 LUCC 研究对于促进海岸带的开发、利用、管理具有重要意义^[5-7]。

随着研究的深入开展, LUCC 在研究理论上也经历了非常大的突破, 目前 LUCC 研究正在走向范

式研究^[8], 即已形成许多约定俗成的研究模式, 主要包括数据源的选取、分类方法的选择、变化检测方法的选择等。数据来源的获取方面, 美国陆地卫星(Landsat)就有着长达 40 年的连续观测历史, 所获取的数据被广泛应用于 LUCC 研究中^[9-12]。分类方法的选择方面, 文献[13]评述了各种遥感分类方法的异同、优缺点, 这些方法主要有基于最邻近规则的监督分类方法^[14]、面向对象分类方法^[15-16]、基于知识规则的分类方法^[17]等, 其中监督分类方法是一种常用的方法。变化检测的方法选择方面, 文献[18]曾经系统地总结了变化检测的 7 大类 31 种方法的特征、优缺点、应用领域和关键因素等, 分别是基于代数的变化检测方法、基于转换算法如主成分分析(PCA)的变化检测方法^[11]、基于分类的变化监测方法^[19]、基于高级模型的变化监测方法^[20]、基于 GIS 的变化检测方法^[21]、可视化分析变化检测方

收稿日期: 2012-12-28; 修回日期: 2013-03-27

基金项目: 河海大学中央高校基金(2009B00414), 江苏省城市规划设计研究院协作课题

作者简介: 张晓祥(1979-), 男, 江苏南通人, 博士, 副教授, 主要从事空间分析与建模、资源环境遥感研究, (E-mail) xiaoxiang@hhu.edu.cn.

法^[22],以及其他分类变化检测方法^[23],其中基于转换算法的变化检测方法^[24-25]以及基于分类的变化监测方法^[26]是比较常见的方法,另外分类后比较法也是一种常用的定量变化检测方法^[9,25,27]。

海岸带地区的土地利用变化研究也已经取得了相当多的成果,如地中海^[5-6]、埃及^[7]等海岸带区域的研究。在我国,对于LUCC的研究也取得了一定的成果,但是这些研究大多是针对我国的生态脆弱区^[28]以及人类活动剧烈的城市地区^[29],而对地处陆海两相交互地带的海岸带的LUCC研究相对较少,未形成系统性的研究。基于江苏海岸带的特殊性,本文选取江苏省沿海地区具有代表性的盐城市作为研究区,以1978-2007年该地区5个时相的Landsat系列遥感影像为数据源,建立盐城市土地利用分类系统,通过定量分析盐城市近30年的土地利用结构、数量、速率及其格局变化,剖析其变化背后的驱动因素,得出盐城市近30年的LUCC状况,以期更好地评估江苏沿海的城市化进程,为区域土地利用规划及城市发展规划决策提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

盐城市位于江苏海岸带核心地区,介于 $32^{\circ}51'5''-34^{\circ}12'1''N$ 、 $119^{\circ}34'12''-120^{\circ}27'1''E$ 之间,东临黄海。盐城市辖亭湖、盐都2区,大丰、东台2个县级市,响水、滨海、阜宁、射阳、建湖5个县,市域总面积 $1.7\times 10^4\text{ km}^2$,是江苏省省辖市中面积最大的市(图1)。

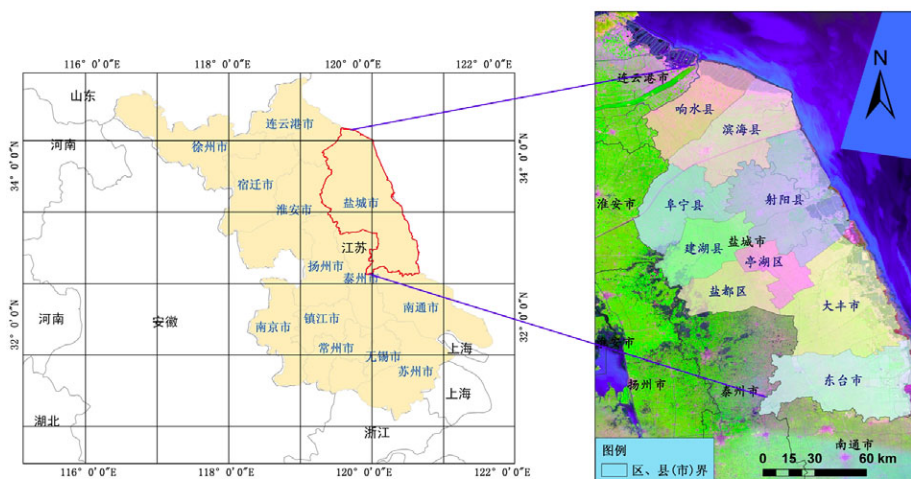


图1 盐城市概况

Fig.1 The map of Yancheng

盐城市的发展史就是一部农垦史,近代以来,特别是建国以后大规模的围垦开发,盐城市沿海地区形成了大片的农场和盐场。因为独特的海岸带海洋地貌条件,盐城市土地后备资源非常丰富,滩涂总面积 $4\,553\text{ km}^2$,其中潮上带 $1\,677\text{ km}^2$,潮间带 $1\,610\text{ km}^2$,分别占全省的75%、64.6%、60.8%。隶属于东台、大丰、射阳、滨海、响水等县(市)的沿海滩涂,近期可供开发利用的面积达 $1\,300\text{ km}^2$ 。

历史上,盐城市因为经济社会发展水平不高,城市发育不足,重要城镇主要沿204国道分布。近年来,因为交通建设的发展,很多道路沿线的工业与小城镇获得快速发展。从现状城市分布空间特征看,南北向的204国道、沈海高速(G15高速),东西向的各大主要河流沿岸已经成为盐城市经济和城市发展的主要轴线,形成“交通走廊式”的城市分布格局。21世纪以来,在长三角一体化辐射带动下,特别是近年来沿海开发战略的实施,盐城市中心城市的城市化进程快速推进。2010年末全市户籍人口816.2万人,其中城镇人口381.27万人;2010年盐城市实现地区生产总值2266亿元,比上年增长17.8%,实现五年翻一番,近年发展速度非常惊人。

1.2 数据来源

遥感具有同步性好、成本低等特征,可以快速获取区域的相关信息。本研究的土地利用动态变化信息主要根据盐城市5期Landsat TM遥感影像的分类结果获得(表1);其他数据包括研究区1:50 000的数字地形图、1:10 000的土地利用现状图、1:250

000的数字线化图(表2),主要用于卫星图像几何校正;采用2009-2010年间获取的ALOS遥感影像数据(表2),ALOS数据分2.5 m分辨率的全色波段影像和10 m分辨率的遥感影像,主要用于遥感土地利用分类数据的信息验证,且所有的数据都采用统一的坐标系和投影系统。

2 分类系统

遥感影像分类主要是依据地物的光谱特征,即地物电磁波辐射的多波段测量

表 1 研究区遥感影像数据

Tab.1 Data used in this study

卫星时态	传感器	轨道 (成像日期)	分辨率/m
T1 (1978 年左右)	Landsat MSS	128/37 (1975-03-26)	79 (重采样 60)
		129/37 (1979-08-06)	
		129/36 (1978-09-16)	
T2 (1990 年左右)	Landsat TM	119/37 (1987-02-02)	30
		120/37 (1988-10-25)	
		120/36 (1987-09-21)	
T3 (2000 年)	Landsat ETM+	119/37 (2000-07-31)	30
		120/37 (2000-09-16)	
		120/36 (2000-09-16)	
T4 (2004 年)	Landsat TM	119/37 (2004-05-23)	30
		120/37 (2004-04-28)	
		120/36 (2004-04-28)	
T5 (2007 年左右)	Landsat TM	119/37 (2006-09-18)	30
		120/37 (2006-09-09)	
		120/36 (2006-09-09)	

表 2 盐城市土地利用/覆被变化研究的辅助数据

Tab.2 Auxiliary data in this study

序号	数据类型	资料名称	数据时间	比例尺
1	历史地形图	1980S 地形图	1980 年左右	1:50 000
2	土地利用现状图	各县土地利用现状图	—	1:10 000
3	数字化图 (DLG)	1:250 000 地形图	1980 年左右	1:250 000
4	ALOS 影像数据	2.5 m 全色波段影像	2010 年	—
5	ALOS 影像数据	10 m 多光谱影像	2010 年	—

表 3 盐城市土地利用/覆被分类系统

Tab.3 Land use/cover change classification schema in Yancheng

一级类	土地利用类型	说明
1 耕地	11 水田	指用于种植水稻等水生农作物的耕地,包括实行水生、旱生农作物轮种的耕地。
	12 水浇地/旱地	指有水源保证和灌溉设施,在一般年景能正常灌溉,种植旱生农作物的耕地/指无灌溉设施,主要靠天然降水种植旱生农作物的耕地。
2 工矿仓储用地	21 盐田	地面生产用地及尾矿堆放地。
3 建设用地	31 城镇建设用地	指城镇用于生活居住的各类房屋用地及其附属设施用地。
	32 农村建设用地	指农村用于生活居住的宅基地。
4 水域及水利设施用地	41 鱼塘	指人工开挖或天然形成的用于养殖的水面,包括部分滩涂资源、海域。
	42 坑塘水面	指人工开挖或天然形成的蓄水量 $<10\times10^4\text{m}^3$ 的坑塘常水位岸线所围成的水面。
5 其他用地	—	指上述地类以外的其他类型的土地,包括盐沼、苇地、泛洪区、未利用地等。

3 研究框架

本研究的研究框架主要包括 4 个部分:影像预处理、影像分类、变化检测、数据分析(图 2)。

利用多时相遥感数据动态分析 LUCC 过程,需对原始影像根据需要进行一系列图像处理工作,包括几何纠正、辐射校正、影像镶嵌和裁剪等。影像的几何校正应用 ERDAS 软件几何校正模块实现。首先以盐城市上世纪 80 年代的 1:50 000 地形图为基准,采用二次多项式变换几何校正模型校正 1990 年左右的 TM 影像;然后以 1990 年左右的 TM 影像为基准,分别对 1978 年 MSS 影像,2000、2004 和 2007 年左右的 TM 影像进行像元对像元的几何精校正。本研究区处于影像交叉的地带,单独的一景影像不能完全覆盖研究区域,因此需要对增强处理后

值。将这些测量值用作遥感影像的原始特征变量,然后利用特征变量对图像上每个像元按照亮度接近程度进行分类,以达到区分遥感影像中多种地物的目的。

在海岸带遥感中,C-CAP 是美国海洋和大气局(NOAA)海岸海洋计划(COP)的河口栖息地计划(EHP)的一部分,NOAA 在制定 C-CAP 土地覆盖分类系统时,与海岸带地区相关的美国几个主要机构的代表进行了专题讨论和建设性商谈,以保证基于 C-CAP 的分类系统与美国其它的主要土地利用/覆被系统相协调。

由于本文的研究范围是在各个时期沿海堤防以内的市域,未被围垦和开发的地区特别是海岸带特有的滩涂和湿地不在本研究的范围内。因此参照美国 C-CAP 的海岸土地覆被分类系统与我国 2008 年 2 月发布的土地利用分类国家标准——《土地利用现状分类》(GB/T21010-2007),结合盐城市海岸带地物的特征,确定本研究的主要区域土地利用/覆被类型(表 3)。

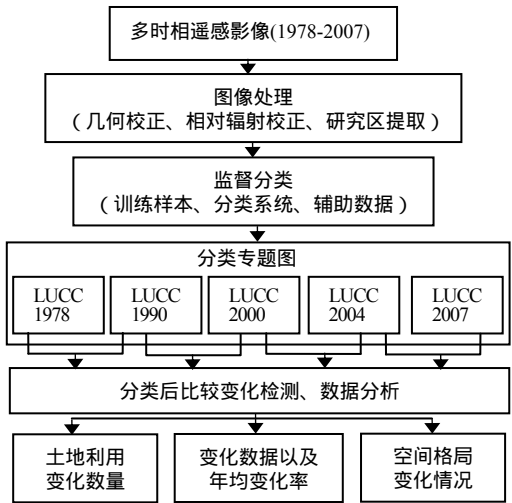


图 2 研究框架图

Fig.2 The research framework of this study

的影像采用地理坐标无缝镶嵌法进行图像拼接。在镶嵌过程中首先进行直方图匹配及像元亮度调整,并按照盐城市行政边界裁切得到研究区范围的遥感影像。

遥感分类是一个复杂的过程,需要考虑许多因素的影响,选择合适的分类方法。近年来,许多先进的分类方法,如人工神经网络,模糊集,专家系统,已广泛应用于图像分类。一般情况下,图像的分类方法可以分为监督分类和非监督分类,或有参数和非参数的分类,或硬性和软性(模糊)的分类,或单向度和每个像素的子像素分类。虽然分类方法很多,但不同的研究区域及目的需采取不同的分类方法。本研究采用的 1990 年左右、2000、2004 和 2007 年左右的 4 期 TM 影像分辨率相对较高,直接采用最大似然法进行监督分类,并结合 1:50 000 地形图及其他辅助数据提高影像数据的分类精度。1978 年的 MSS 影像的空间分辨率和光谱分辨率都较低,地物分类非常容易出现误分或者混分。针对这些问题,采用多步骤分层分类法,将明显能够分出来的类别掩模剔除,降低分类像元的个数和光谱混淆。对难以区分的地类单独提取,选择尽可能多的训练区,进行细分类。对于实在无法通过光谱差异分类的像元,参考 1:50 000 的地形图以及其他辅助图件,进行人工交互解译,通过划定矢量层,进行合理的归属,对分类结果进行优化。

变化检测是通过观测不同时间的目标对象来确定其在状态上的差异过程;具有利用多时相数据量化分析时间影响的能力^[25]。在变化检测技术上,最重要的是变化检测方法的研究。变化检测方法主要用于获取变化的强度、类别与分布。最近 20 年来,已有许多基于卫星遥感的动态监测方法应用于 LUCC 动态监测之中,主要有地物光谱直接比较和分类后比较两大类。地物光谱直接比较法必须进行严格的光谱标准化,目前还没有成熟的标准化技术,而分类后比较法是 25 年前发展起来的,目前已经成为最常用的定量变化检测方法^[29]。本研究采用分类后比较法对盐城市不同时相的遥感影像的变化进行检测,进一步得出 1978-1990、1990-2000、2000-2004 和 2004-2007 年 4 个时段的变化统计数据。

数据分析是对空间数据进行统计分析,目的是从数据中提取信息,以找出研究对象的内在规律。本研究对分类后数据以及变化检测信息进行数据分析,目的是分析盐城市近 30 年来土地利用变化数

量、变化速率以及城市发展的空间格局的变化情况。

4 结果分析

根据图 2 所示的研究框架,得到盐城市 1978-2007 年的土地利用变化分类结果(图 3)。将本研究获取的 ALOS 高分辨率影像数据对土地利用分类数据进行精度验证,对 1978-2007 年的分类结果进行分类叠加评价,除 1978 年的总体精度较低(为 75.67%,Kappa 系数为 0.708)外,其他 4 期精度相对较高,总体精度接近或超过 90%,Kappa 系数超过 0.85。总体而言,分类精度满足本文研究要求。

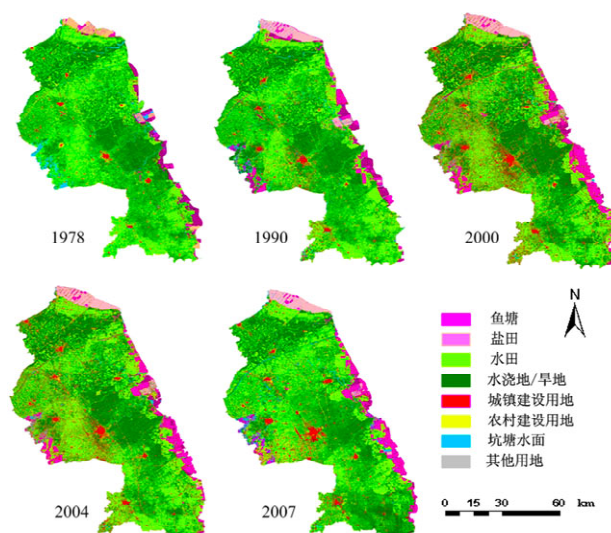


图 3 盐城市 LUCC 分类图(1978-2007 年)

Fig.3 The classification of land use/cover change in Yancheng(1978-2007)

4.1 土地利用结构分析

在获得 LUCC 结果后,在 ArcGIS 平台下,利用其空间分析功能,提取研究区 1978-1990、1990-2000、2000-2004 和 2004-2007 年的土地覆被转移矩阵,得出盐城市土地利用类型面积分布及其比重(表 4)。

盐城市土地资源丰富,土地覆盖面积增大,至 2007 年已有 15 318.13km²,比 1978 年增加了将近 1 000 km²(表 4)。近 30 年来的盐城市土地覆盖状况总体以耕地为主体,包括水田和水浇地/旱地,占到该市土地总面积的 80%左右;其次是水域及水利设施用地,比重占到该市土地总面积的 10%左右;盐田作为其特有的土地类型,比重一直维持在接近

3%；建设用地比重较小，但增速较快，其中城镇建设用地至 2007 年已增至 725.19km²。盐城海岸带是一个生物多样性极其丰富的区域，随着盐城海岸带湿地围垦开发，未利用地、芦苇地等其他用地逐渐减少，自然植被大部分被农作物、水域等取代。故用地结构上，盐城市土地利用类型以农用地为主，

尤其以耕地占绝对优势，其他类型的土地面积比重相对较小。

4.2 土地利用变化数量、速率分析

利用空间数据统计分析，得出近 30 年来不同时间段盐城市各土地利用类型的年均变化数量以及变化速率（表 5）。

表 4 盐城市域土地利用变化信息一览表（1978-2007）
Tab.4 Land use change amount and proportion in Yancheng (1978-2007)

土地利用类型	1978		1990		2000		2004		2007	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
01 鱼塘	384.93	2.65	537.49	3.66	761.50	5.03	728.03	4.78	800.36	5.22
02 盐田	341.57	2.35	433.04	2.95	454.68	3.00	437.43	2.87	401.90	2.62
03 水田	5 268.21	36.24	5 578.75	38.00	5 762.50	38.06	5 835.07	38.34	5 888.76	38.44
04 水浇地/旱地	6 600.22	45.40	6 297.28	42.89	6 155.65	40.66	6 100.29	40.08	6 052.46	39.51
05 城镇建设用地	167.01	2.04	487.71	3.32	582.28	3.85	652.54	4.29	752.19	4.91
06 农村建设用地	198.50	1.37	273.86	1.87	333.84	2.21	386.21	2.54	408.25	2.67
07 坑塘水面	1 165.45	8.02	872.35	5.94	938.15	6.20	967.68	6.36	935.54	6.11
08 其他用地	282.00	1.94	200.42	1.37	150.71	1.00	111.81	0.73	78.66	0.51
总计	14 407.91	100.00	14 680.89	100.00	15 139.31	100.00	15 219.05	100.00	15 318.13	100.00

表 5 土地利用变化量及变化率（1978-2007）
Tab.5 Land use change amount and change rate (1978-2007)

土地利用类型	1978-1990		1990-2000		2000-2004		2004-2007	
	年均变化量 km ² ·a ⁻¹	变化速率 %	年均变化量 km ² ·a ⁻¹	变化速率 %	年均变化量 km ² ·a ⁻¹	变化速率 %	年均变化量 km ² ·a ⁻¹	变化速率 %
01 鱼塘	12.71	39.63	22.40	41.68	-8.37	-4.39	24.11	9.93
02 盐田	7.62	26.78	2.16	5.00	-4.31	-3.80	-11.84	-8.12
03 水田	25.88	5.89	18.37	3.29	18.14	1.26	17.90	0.92
04 水浇地/旱地	-25.25	-4.59	-14.16	-2.25	-13.84	-0.90	-15.94	-0.78
05 城镇建设用地	26.72	64.20	9.46	19.39	17.57	12.07	33.22	15.27
06 农村建设用地	6.28	37.96	6.00	21.90	13.09	15.69	7.35	5.71
07 坑塘水面	-24.43	-25.15	6.58	7.54	7.38	3.15	-10.71	-3.32
08 其他用地	-6.80	-28.93	-4.97	-24.80	-9.72	-25.81	-11.05	-29.65
总计	22.75	115.80	45.84	71.75	19.94	-2.74	33.02	-10.04

1978-2007 年间，盐城市各土地利用类型中，用地面积一直增加的地类主要有水田、建设用地。不同时期的土地利用类型数据量变化均较大。从一级地类变化来看，研究时段内，耕地中的水田虽然增加量大，但水浇地/旱地的减少也相当惊人，所以耕地的总量变化并不显著；水田的增长速率和水浇地/旱地的减少速率在研究时段内均一直呈减缓趋势。研究时段内城镇建设用地变化量最大，面积由 1978 年的 167.01 km² 扩张到了 2007 年的 725.19 km²，增长至原来的 4.34 倍，且 1978-1990 年间的变化速率最快，但整体上与苏南、苏中城市相比，

增长速率相对较慢。水域与水利设施用地中，鱼塘的增加量较大，仅次于建设用地和水田，其增长速率在 1978-2000 年非常显著；坑塘水面则在 1978-1990 年减少较多，减少速率也较大；但水域与水利设施用地总体上面积增加较多。其他用地是一级地类中唯一面积减少的地类，其减少速率在研究时段内呈“U”态势。

导致上述变化的原因主要是早期盐城市的经济基数比较低，起点不高，使得 1978-1990 年间的用地变化非常显著；随着盐城市的不断发展，工业化程度不断加强，且大部分以盐田为主的工矿仓储

用地都被开发利用,建设用地不断增加,其中以城镇建设用地为主的地类,变化速率逐年增加,而农村建设用地虽然有所增加,但随着近年来城市化进程的加快,农村的农耕传统与生活方式均受到了冲击而发生改变,人口向城市集聚的力度不断加强,农村人口和劳动力向城市迁移,部分地区农村出现了“衰退”的现象,农村建设用地的增加速率明显减缓。盐城市大部分以盐田为主的工矿仓储用地被开发利用为耕地或建设用地,部分海域也被用于滩涂的围垦。另外,由于沿海大开发政策的实施,以及盐城市海洋和滩涂资源十分丰富,射阳河口以南沿海地段还以超过 $10 \text{ km}^2/\text{a}$ 的速度向大海延伸,被称之为“黄金海岸”,大丰港也已被国家规划为对外开放的一类口岸,沿岸土地资源利用程度不断加强,但盐城海岸的湿地自然资源也不断减少,部分盐沼地已被排干水改作农田或鱼塘,沿海滩涂与鱼塘、苇地与鱼塘之间也在不断转换。

4.3 土地利用变化格局分析

经济要发展,沿海要开发,交通要先行。盐城加快交通基础设施建设,致力构建综合交通运输体系,先后实施了高速公路、干线公路、农村公路、航道、机场、港口等一批项目。目前,盐城已基本形成集高速公路、铁路、航空、港口四位一体的现代化交通网络(图4),进入了“海阔天空”的新时代。

交通基础设施的完善是推动城市土地利用程度的关键因素之一。本文运用GIS分析软件对盐城市1978-2007年5个时段遥感影像进行叠加分析,并从多个层面来研究来盐城市盐田、城镇建设用地扩展的空间格局变化情况(图5)。

根据盐城市9个区、县(市)自1978年以来的30年间建设用地数量以及盐田变化情况可知,位于盐城市中心城区特别是开发区和新辟为市区的盐都区,其城镇建设用地占比一直最大,且一直保持增长的趋势,其次是远离海域的内陆区域,如建湖、阜宁,其城镇建设用地也在不断增长,城市土地利用程度都显著提高;另外,由于近年来的沿海大开发,盐城市低效益的盐田土地面积逐步减少,大部分被发展成为建设用地。

导致这些变化的原因主要是由于盐城早年没有铁路、机场、海港,也没有高速公路,大宗货物运输主要依靠公路和水路运输,且城镇主要围绕204国道干线以及河流走向进行布局,因此盐城市市区、大丰市市区建设用地覆盖比较明显,土地利用程度较高,城市发展相对较快;经过多年的发展

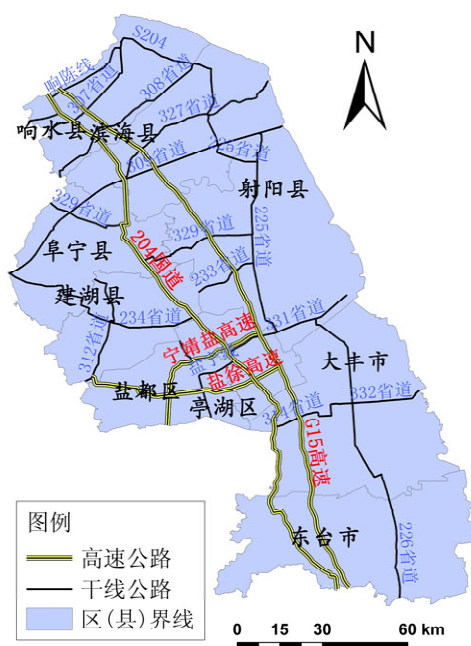


图4 盐城市主要交通网络

Fig.4 Main transportation network in Yancheng

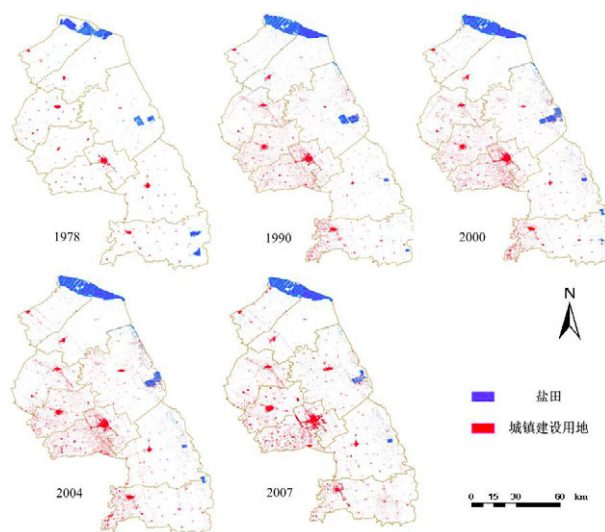


图5 城镇建设用地、盐田扩展情况（1978-2007年）

Fig.5 Expansion of construction land and salt pan (1978-2007)

规划,盐城市逐步形成了“交通走廊式”的城市空间格局,市域城镇空间分布以盐城市区为中心,特别是开发区、盐都区发展最为明显。建国以后盐城市由于大规模的围垦开发,沿海地区形成了大片国营盐田,且近年来国营盐场的盐田进行改制,大部分盐田被转换为建设用地。盐城整体上沿南北向204国道、沈海高速(G15高速),以及沿东西向的

河流沿岸发展,且明显有从内陆逐渐向海岸带转移的趋势,阜宁县、建湖县、射阳县等紧跟盐城市区的发展,土地利用程度明显提高;至于城镇分布相对稀疏、工业发展相对落后,如响水、滨海等地区,因远离市区,交通不便,经济发展相对落后,建设用地的扩展态势也就没有其它地区强烈。

5 结论与讨论

本研究通过对系列遥感影像的分类统计,获取了盐城市改革开放以来 1978、1990、2000、2004、2007 年左右的 5 期 LUCC 信息,在此基础上,以空间分析技术为依托,定量分析了盐城市近 30 年来的 LUCC 的过程与特点,剖析了盐城市作为江苏沿海城市,其土地利用变化的结构、数量、速率和格局,得到以下结论:

(1) 从土地利用的结构来看,1978-1990、1990-2000、2000-2004、2004-2007 年 4 个时间段的土地利用变化均较大,但土地利用结构相对稳定。盐城土地利用类型以耕地为主,近年来建设用地增加明显。

(2) 从土地利用的数量、速率来看,面积增加数量最大的是建设用地,尤其是城镇建设用地,1978-2007 年间盐城市城镇建设用地由 167.01km^2 扩张到了 725.19km^2 ,增长至原来的 4.34 倍,且 1978-1990 年建设用地的扩展强度相对较大。与此同时,土地利用变化速率也非常惊人,近年城镇建设用地变化速率高达 15%以上。

(3) 从空间格局上看,盐城市已基本形成集高速公路、铁路、航空、海运四位一体的现代交通网络,盐城市中心城区特别是开发区和新辟为市区的盐都区发展速度最快,同时近年来港口和港城的发展显著带动了盐城市沿海地区的发展,其发展主要围绕滨海港、大丰港的建设以及周边改制的国有盐场进行。

本研究以江苏沿海城市盐城市为例,根据研究区特点建立了适合海岸带城市的土地利用/覆盖变化分类系统,以遥感和 GIS 分析技术为支撑,定量计算了盐城市近 30 年来土地利用变化的特点,并且剖析了其土地利用变化背后的驱动力。本研究在遥感分类系统的确定上、在遥感和 GIS 计算分析方法的运用上,对同类研究特别是海岸带土地利用变化有一定的借鉴意义。

进一步的研究可以从 3 个方面展开: 使用更高分辨率的遥感数据以获取更为精确的数据; 使

用更多复杂有效的 GIS 方法以获取研究区的各类空间分析衍生数据; 通过集成遥感和 GIS 技术进行土地利用变化建模以增强土地利用变化的预测能力。

参考文献:

- [1] 陈梦熊. 海岸带城市地质环境特征与主要地质环境问题[C]. 海岸带地质环境与城市发展论文集, 2005: 8-14.
- [2] Turner B, Skole D, Sanderson S. Land use and land cover change: science/research plan[R]. IGBP Reports, 1995.
- [3] Lambin E F, Banliex X, Bockstael N. Land-use and Land-cover change (LUCC): implementation strategy[R]. IGBP Report No. 48 and HDP Report No. 10. stockholm: IGBP, 1999.
- [4] Bryan C, Pijanowski, Robinson KD. Rates and patterns of land use change in the Upper Great Lakes States, USA: A framework for spatial temporal analysis[J]. Landscape and Urban Planning, 2011 (102): 102-116.
- [5] Bajocco S, Angelis D, Perini L, et al. The Impact of Land Use/Land Cover Changes on Land Degradation Dynamics: A Mediterranean Case Study[J]. Environmental Management, 2012 (49): 980-989.
- [6] Serra P, Pons X, Sauri D. Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors[J]. Applied Geography, 2008 (28): 189-209.
- [7] Shalaby A, Tateishi R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt[J]. Applied Geography, 2007 (27): 28-41.
- [8] 路云阁, 蔡运龙, 许月卿. 走向土地变化科学——土地利用/覆被变化研究的新进展[J]. 中国土地科学, 2006, 20 (1): 55-61.
- [9] Tamilenthil S, Punithavathi J, Baskaran R. Dynamics of urban sprawl, changing direction and mapping: A case study of Salem city, Tamilnadu, India[J]. Achieves of Applied Science Research, 2011, 3 (1): 277-286.
- [10] Sundarakumar K, Harika M, Begum S A, et al. Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Ujjayawada City Using Multitemporal Landsat Data[J]. International Journal of Engineering Science and Technology, 2012, 4 (01): 170-178.
- [11] Seto K C, Woodcock C E, Song C, et al. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM[J]. Remote Sensing, 2002, 23 (10): 1985-2004.
- [12] Li J, Zhao H M. Detecting Urban Land Use and Land Cover Changes in Mississauga using Landsat TM images[J]. Journal of Environmental Informatics, 2003, 2 (1): 38-47.
- [13] LU D. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance[J]. International Journal of Remote Sensing, 2007, 25(5): 823-870.
- [14] Barandela R, Juarez M. Supervised classification of remotely sensed data with ongoing learning capability[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002 (23): 4965-4970.
- [15] Thomas N, Hendrix C, Congalton R G. A comparison of urban mapping methods using high-resolution digital imagery[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2003 (69): 963-972.

- [16] Gitas I Z ,Mitri G H , Ventura G .Object-based image classification for burned area mapping of Creus Cape Spain , using NOAA-AVHRR imagery[J] . Remote Sensing of Environment , 2004 (92) : 409-413 .
- [17] Hung C ,Dauis L S , Townshend J R .An assessment of support vector machines for land cover classification [J] . International Journal of Remote Sensing , 2002 (23) : 725-749 .
- [18] Prakash A , Gupta R P . Land-use mapping and change detection in a coal mining area—a case study in the Jharia coalfield , India[J] .International Journal of Remote Sensing ,1998(19) :391-410 .
- [19] Jensen J R . Introductory Digital Image Processing , a Remote Sensing Perspective[M] .Prentice Hall ,Upper Saddle River ,New Jersey ,2nd , ED , 1996 , 197-279 .
- [20] Lu D , Mausel P , Brondi'Zio E , et al . Change detection techniques[J] .International Journal of Remote Sensing ,2004 ,25(12) : 2365-2407 .
- [21] Weng Q . Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensi ,GIS and stochastic modeling[J] .Journal of Environmental Management , 2002 (64) : 273-284 .
- [22] Asner G P , Keller M , Pereira R , et al . Remote sensing of selective logging in Amazonia—assessing limitations based on detailed field observations ,Landsat ETMz ,and textural analysis[J] .Remote Sensing of Environment , 2002 (80) : 483-496 .
- [23] Zhang Q ,Wang J ,Peng X ,et al .Urban build-up land change detection with road density and spectral information from multitemporal Landsat TM dat[J] . International Journal of Remote Sensing , 2002 (23) : 3057-3078 .
- [24] Coppin P ,Nackaerts K ,Queen L , Brewer K .Operational monitoring of green biomass change for forest management[J] . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing , 2001 (67) : 603-611 .
- [25] 张晓祥 , 严长清 , 刘斯琦 , 等 . 基于 LandsatTM 数据的江苏海岸带土地利用/覆被变化检测方法比较研究[J] . 遥感信息 , 2011 (3) : 82-87 .
- [26] Ward D , Phinn S R , Murray A T . Monitoring growth in rapidly urbanizing areas using remotely sensed data .Professional Geographer , 2000 (52) : 371-386 .
- [27] LU D . A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance[J] . International Journal of Remote Sensing , 2007 , 25 (5) : 823-870 .
- [28] 摆万奇 , 阎建忠 , 张锦锂 . 大渡河上游地区土地利用/土地覆被变化与驱动力分析 . 地理科学进展 , 2004 , 23 (1) : 71-78 .
- [29] 何春阳 , 史培军 , 陈晋 , 等 . 北京地区土地利用/覆盖变化研究[J] . 地理研究 , 2001 , 20 (6) : 679-687 .

Land Use Change Analysis of Coastal City: A Case Study of Yancheng

ZHANG Xiaoxiang^{1,*} , XU Pan¹ , DAI Yuxuan¹ , SHEN Xiang^{2,3} , TANG Chunfeng^{2,3}

(1 . Institute of Geographical Information Science and Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ; 2 . Jiangsu Institute of Urban Planning and Design , Nanjing 210036 , China ; 3 . Jiangsu Institute of Urban Transport Planning , Nanjing 210036 , China)

Abstract: Land Use/Cover Change(LUCC) is a core issue of global change and regional sustainable development research. Coastal zone is the land-ocean interaction area, which is much more sensitive to human activities. The exploration of coastal LUCC is significant to meet the challenges of the environment and nature. Yancheng, a typical research area in Jiangsu coastal areas, is selected to characterize coastal land-use and land-cover changes with five series of Landsat MSS/TM imagery from 1978 to 2007. The classification schema is newly-developed based on the existing schemas as well as the geographical background of Jiangsu coastal areas, and PCA classification and post-classification comparison are used to perform image classification. With the series of land use/cover change results, the land use structure, land use change quantity, land use change rate and spatial change pattern are analyzed and calculated based on GIS. The results show that:(1) The change of land use was significant during the study period, the land use structure of Yancheng was relatively stable; cultivated land was the main agricultural land use type, but urban construction land had a sharp increase on land use amount and land use proportion in recent years; (2)The land use change quantity and change rate were very significant in different periods. The change of construction land was the most significant, and the urban construction land increased 3.34 times, i.e. from 167.01 km² in 1978 to 725.19 km² in 2007, and at the same time the land use change rate reached 15% from 2004 to 2007. (3) From the perspective of spatial change pattern, the central urban districts of Yancheng, especially the Economic Development Zones and newly-incorporated Yandu District, had a rapid urban expansion; simultaneously some newly-developed coastal ports such as Binhai Port, Dafeng Port and coastal towns nearby also had a high-speed growth.

Key words: Land Use/Cover change; coastal zone; change detection; urban expansion; GIS; Yancheng