

广州番禺湿地生态环境质量时空动态分析*

郑艳伟^{1,2}, 钱乐祥², 郑卓¹, 王晓静¹, 黄康有¹, 曹玲珑¹, 杨士雄¹

(1 中山大学地球科学系, 广东广州 510275;

2 广州大学地球科学学院, 广东广州 510006)

摘要: 利用遥感、地理信息系统和神经网络的方法, 对沿海城市广州市番禺的湿地生态环境质量进行研究, 其结果表明: 广州番禺建筑用地面积从1979年的2.43%增长到1990年的10.03%, 2000年的29.94%, 2006年的37.82%; 水田的面积从1979年的42.92%增长到1990年的49.19%减少到2000年的22.70%, 2006年的17.97%, 由水田为模地变成了建筑用地为模地。利用信息熵的方法得到各种湿地类型的生态效应值: 1979年各种湿类型的生态效应值都小于2.2, 属于生态环境质量相对良好区, 从1990年到2000年的湿地生态环境质量发生了分异, 其生态效应值在2.2~3之间是相对较好区, 在3~3.8之间是相对一般区, 大于3.8是相对较差区; 在2006年, 模地由水田变为建筑用地后, 湿地生态效应值都小于2.2。利用BP神经网络的方法预测2011年和2016年的各种湿地类型的生态效应值, 只有近海岸湿地类型的生态效应值在3~3.8之间, 其余的都小于2.2。

关键词: 遥感; 生态环境质量; 景观指数; 神经网络; 广州番禺区

中图分类号: X144 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 05-0104-06

湿地被誉为“地球之肾”, 它是地球自然生态系统的重要组成部分, 是具有多功能的独特生态系统, 是自然界最富生物多样性的生态系统和人类最重要的生存环境之一, 它不仅为人类的生产、生活提供多种资源, 而且具有巨大的环境功能和效益, 在抵御洪水、蓄洪防旱、降解污染、调节气候、美化环境等方面具有其它系统不可代替的作用^[1]。沿海城市湿地的数量与空间上的分布不仅是衡量沿海城市自然程度的基本指标之一, 也是决策者在规划和制定城市政策时需要考虑的一个重要因素。模地(也称本底)是景观中的背景地域, 它是占主要百分比的土地利用类型, 是一种重要的景观元素类型^[2], 在很大程度上决定着景观的性质, 对景观的动态变化和生态环境质量的变化起着主导作用。随着城市化进程的加快, 大量的湿地被侵占, 城市用地日益紧张, 因此如何利用有限的土地资源, 实现城市湿地的合理布局, 使其有效地发挥生态效益和使用功能, 是一个亟待解决的问题。要想解决这个问题, 首先必须掌握城市湿地的现状分布情况, 即需要对湿地进行动态监测, 掌握湿地的生态环境质量的时空分布状况。

对于湿地监测, 常规的实地调查方法很难及时得到现状的湿地资料, 并且效率低、成本高。而遥

感技术具有快速、高效、范围大、动态的特点, 能迅速有效地提供地表自然过程和现象的宏观信息, 有助于揭示其动态变化规律。因此, 利用遥感方法提取湿地信息, 利用地理信息系统的方法得到景观指数, 时空变化和景观指数相结合, 可以计算得到环境生态质量, 此种方法简便高效。

广州市番禺南沙区地处海陆交界的河口地区, 属于典型的河口湿地区域见图1。随着近年经济的发展, 城市化水平的快速提高, 本区湿地面积大量减少, 湿地的分布格局, 湿地的生态环境质量均发生很大的变化。本文利用遥感资料, 借助地理信息系统和神经网络方法, 对近几十年广州市番禺南沙区湿地生态环境质量进行了调查和分析, 并对未来10年的生态环境质量进行了预测。

1 数据来源与处理

1.1 数据来源

本文研究数据主要包括广州市番禺南沙区的四景遥感影像分别是: 1979年10月19日的MSS影像, 分辨率是57m、1990年10月13日的TM影像, 分辨率是28.5m、2000年9月14日的ETM+影像, 融合后的分辨率可以达到15m和2006年11月10日的TM影像, 分辨率是28.5m。使用的

* 收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 广州市科技计划项目资助(2005Z3-D0551)

作者简介: 郑艳伟(1973年生), 女, 博士研究生; 通讯联系人: 郑卓; E-mail: eeszzhuo@mail.sysu.edu.cn

数据还包括广州市的土地利用图、边界矢量图等。

1.2 数据处理

湿地分类要遵循科学性、地域性、实用性和系统性的分类原则, 订出既符合国家湿地分类要求, 又能反映出本地区湿地类型特征分布的分类系统^[3]。因此, 本研究参照《湿地公约》湿地分类

方法分为监督分类和非监督分类。对于不同的影像和不同的地区使用的分类方法是不同的。本文通过非监督分类, 监督分类中的最小距离法分类、马氏距离法分类、最大似然法分类和支持向量机分类方法进行分类以后的结果显示: 支持向量机的分类方法得到的精度最高如表1所示。

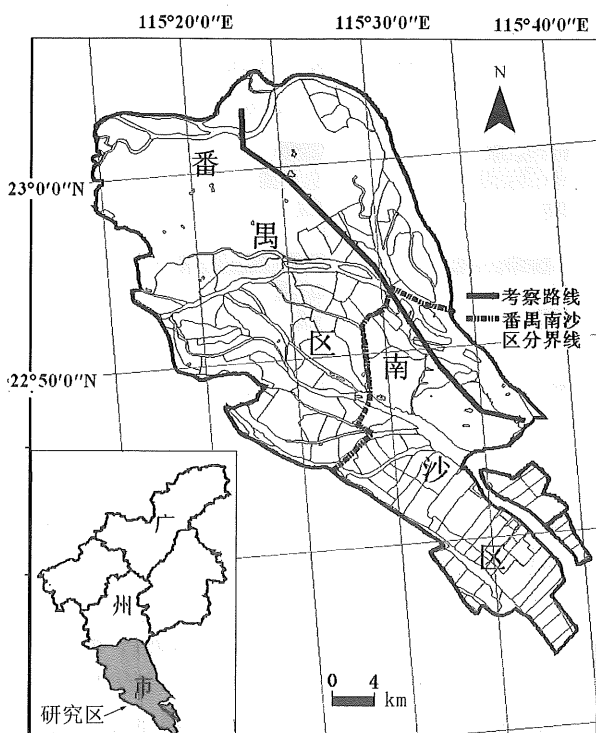


图1 番禺南沙区的位置示意图及考察路线

Fig. 1 The location of research area and the research route

系统以及中国目前湿地调查和监测所采用的湿地分类系统, 结合珠江河口区特殊的地理环境, 在现有数据 (MSS 的数据分辨率只有 57 m) 和不影响总体规律的基础上, 采用了简化的湿地分类系统是: 天然湿地主要包括近海岸湿地、河流湿地和湖泊湿地; 人工湿地包括水田、果园和水塘水库, 水田主要包括稻田和菜地, 果园主要包括香蕉园和甘蔗地, 水库水塘包括了水产养殖塘、藕塘和水库等。

1.2.1 建立地物标志 本文是在遥感影像数据和野外实地考察数据的基础上进行分类的。在 2006 年的 11 月, 本课题研究小组对研究区域进行过实地考察, 建立了分类标志。考察路线如图 1 所示。此考察路线内包括的土地利用类型全, 道路比较开阔, 容易进入路两边地块, 有利于得到不同的土地利用类型的标志地点。在考察过程中首先根据 GPS 确定了样点的地理坐标, 将标志性地物进行拍照后与对应的遥感影像特征进行对比, 在遥感处理软件 ENVI4.3 中进行分类。

1.2.2 支持向量机的分类方法 遥感影像的分类

表1 支持向量机法分类精度报表

Tab. 1 The overall accuracy and Kappa coefficient of support vector machine

年份	OA/%	Kappa 系数
1979	87.30	0.8161
1990	96.46	0.9544
2000	97.04	0.9605
2006	92.74	0.9086

从表 1 可以看出: 1979、1990、2000 和 2006 年的总体分类精度 (OA) 和 Kappa 系数都很高。总体分类精度和 Kappa 系数最高的是 2000 年的数据, 以它分辨率高、影像质量高的优势使得总体分类精度达 97.04% 和 Kappa 系数为 0.96 的高值; 分类精度最低的 1979 年的影像, 其总体分类精度也可以达到 87.30% 和 Kappa 系数是 0.82。总体精度在 85% 以上, 就可以达到本文的数据使用要求, 此种分类方法符合本文数据使用要求, 对后文的分析具有实用价值。

1.2.3 信息熵的方法 计算生态效应值是多指标的综合评价模型。对于任何多指标的综合评价模型, 确定指标权重是模型中最重要的和最困难的部分, 指标权重不同有可能导致评价结果不同。本文尝试使用一种相对客观的方法来确定各景观指数的权重: 即信息熵来确定权重^[4]。其方法是: 如果有一事件可能有 $a_1, a_2, \dots, a_N$ 种结果, 每一结果出现的概率为 $P(a_i)$, 或简称为 P_i , 从概率的角度考虑, 把这类事件的信息量定义为公式 (1)

$$I = - \sum_{i=1}^N P_i \lg P_i \quad (1)$$

1.2.4 神经网络方法 本文中的神经网络编程都是在 MATLAB6.5 的神经网络的工具箱的界面下进行编程操作的。本文使用的自组织映射 (SOM)^[5], 对生态效应值进行分类。将每个时期的生态效应值作为输入层, 选择分类类别为 4 类。对每一类进行了定性的描述。BP 神经网络由三层构成, 分别是输入层, 隐含层和输出层。多层神经网络可用来逼近几乎任一个函数, 只要隐含层中有足够的神经元^[6]。本文中将 4 个不同时期的生态效应值作为输入层, 将分类结果作为输出层, 选择的

隐藏层为 7 层, 进行预测。BP 神经网络在预测方面的优势明显, 在很多领域已经得到证实^[7]。本文利用神经网络的方法对生态效应值进行分类和预测。

2 分类结果

2.1 湿地分类结果

用实际地物作为标志物, 用支持向量机的分类方法, 对影像进行分类, 其分类结果见图 2。

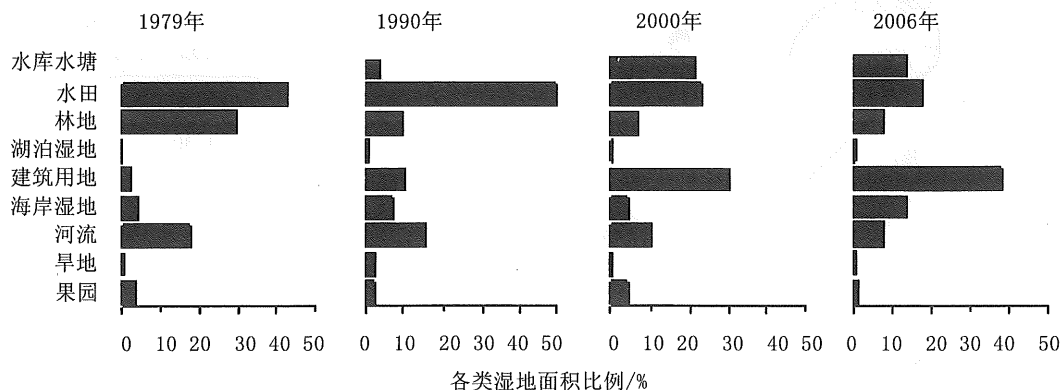


图 2 湿地面积变化

Fig. 2 Changes of the proportions of wetland area

2.2 景观指数的计算结果

本文中的景观指数是通过景观软件 Fragstats3.3 和地理信息系统软件 ArcGIS9.1, 对遥感软件 ENVI4.3 处理过的支持向量机分类结果进行分析得到。将数据输入 Fragstats3.3 软件中时, 需要将数据转化成 Grid 数据。主要选用湿地面积百分比、破碎度指数、平均分维度指数、分离度指数等评价指标对本区进行湿地景观生态综合评价。破碎度越大说明人类对生态系统的影响越大, 分离度越大也代表人类干扰越多, 平均分维度的理论范围为 1.0~2.0, 1.0 代表形状最简单的正方形, 2.0 代表同等面积时周长最复杂的图形^[8]。本文对 4 个时期的影像分类结果进行了景观指数的统计, 见表 2。

从表 2 可以看出, 各种土地利用类型的面积在四个不同时期变化非常明显。面积变化最大的是建筑用地和水田, 其变化过程是不同的。水田面积变化过程是曲折的, 先增加后减少。而建筑用地面积却一直是增加的。破碎度最小的是 1979 年的河流, 其破碎度只有 0.008, 破碎度最大的是 2000 年的旱地。说明 2000 年的旱地是人类影响最大的时期和区域。对于分离度, 总体来说, 本研究区域内的所有土地利用类型的分离度变化都是很小的。番禺南沙区的平均分维度的变化也是比较小的。

2.3 生态效应值的结果

生态效应值的大小是对生态环境质量的定量反

从图 2 可以看出, 各种土地类型发生了较大转变。对遥感影像进行分类处理所得到的结果显示: 番禺区的模地发生了变化, 1979 年水田所占面积比是 42.9% 减少到 2006 的 17.95%。本区的建筑用地, 由 1979 年的 2.4% 升高到 1990 年的 10.0%、2000 年的 29.9% 和 2006 年的 37.8%。2006 年, 番禺区的模地已经转化成了建筑用地, 本区由湿地景观转化为城市景观。

应, 研究结果显示出本区生态效应值的计算结果变化较大, 从表 2 中的生态效应值中可以看出景观生态效应值最小值的是 1.96, 最大值的是 4.5。可以比较清楚的反映研究区湿地环境在不同时期的生态环境质量。利用自组织映射神经网络的方法对本区的生态效应值进行聚类分析, 得到的结果见表 3。

生态效应值的分类结果是数值越大的代表生态环境质量越差, 数值越小的代表生态环境质量越好。如表 3 所示, 把本区的生态效应值根据神经网络中的分类系统分成了 4 类: 第一类生态效应值是 1.0~2.2 之间, 是湿地生态环境质量相对良好区, 表示生态结构十分合理、系统活力极强, 外界压力较小, 无生态异常出现, 生态系统功能极其完善、稳定, 处于可持续状态; 第二类湿地生态效应值是 2.2~3.0 之间, 是生态环境质量相对较好区, 表示生态结构比较合理、格局尚完好, 系统活力较强, 外界压力较小, 无生态异常, 生态系统生态功能较完善, 系统尚稳定, 生态系统可持续; 第三类湿地生态效应值是 3.0~3.8 之间, 是生态环境质量相对一般区表示外界压力较大, 接近生态阈值, 敏感性强, 已有少量的生态异常出现, 只能发挥基本的生态功能; 第四类湿地生态效应值是 3.8~4.6 之间, 生态环境质量相对较差区表示生态结构出现缺陷, 系统活力较低, 外界压力大, 生态异常较多, 生态功能已不能满足维持生态系统的需要, 生态系统已开始退化。

表 2 景观指数报表

Tab. 2 The statistics of landscape index

年份	类型	面积百分比/%	破碎度	平均分 维度指数	分离度 指数	生态效应值
1979	果园	3.37	0.139	1.040	1.0000	1.962
	旱地	0.38	0.667	1.030	1.0000	2.310
	河流	17.33	0.008	1.045	0.9984	1.956
	近海岸湿地	4.26	0.207	1.063	1.0000	2.036
	建筑用地	2.43	0.414	1.034	1.0000	2.146
	湖泊湿地	0.14	0.468	1.026	1.0000	2.163
	林地	29.17	0.063	1.045	0.9979	2.066
	水田	42.92	0.0235	1.042	0.9982	2.119
	权重值	0.61	0.711	0.903	0.903	
1990	果园	2.22	2.382	1.034	1.0000	3.902
	旱地	2.23	1.294	1.046	1.0000	3.025
	河流	15.39	0.055	1.053	0.9985	2.110
	近海岸湿地	6.92	1.753	1.050	1.0000	3.436
	建筑用地	10.03	0.525	1.049	0.9999	2.454
	湖泊湿地	0.74	3.120	1.041	1.0000	4.501
	林地	9.70	0.939	1.034	0.9999	2.775
	水田	49.19	0.108	1.047	0.9990	2.383
	水库水塘	3.57	2.125	1.053	1.0000	3.720
	权重值	0.70	0.82	0.954	0.954	
2000	果园	3.91	1.928	1.035	1.0000	3.421
	旱地	0.30	3.457	1.027	1.0000	4.536
	河流	10.27	0.059	1.038	0.9992	2.066
	近海岸湿地	3.93	3.253	1.029	1.0000	4.412
	建筑用地	29.94	0.163	1.053	0.9966	2.305
	湖泊湿地	0.53	3.047	1.026	1.0000	4.228
	林地	6.90	1.090	1.030	1.0000	2.808
	水田	22.70	0.234	1.037	0.9999	2.292
	水库水塘	21.49	0.253	1.046	0.9995	2.305
	权重值	0.758	0.752	0.954	0.95424	
2006	果园	1.48	0.087	1.017	1.0000	2.007
	旱地	0.49	0.155	1.007	1.0000	2.046
	河流	7.90	0.013	1.032	0.9996	2.008
	近海岸湿地	13.48	0.040	1.027	0.9998	2.067
	建筑用地	37.82	0.010	1.034	0.9886	2.219
	湖泊湿地	0.24	0.154	1.004	1.0000	2.040
	林地	7.20	0.052	1.022	1.0000	2.025
	水田	17.95	0.029	1.030	0.9997	2.093
	水库水塘	13.43	0.055	1.029	1.0000	2.081
	权重值	0.742	0.822	0.95422	0.95424	

表 3 各种湿地类型的生态效应值及分类

Tab. 3 The ecological effect classification of wetland

类型	1979 年生态	效应值	1990 年生态	效应值	2000 年生态	效应值	2006 年生态	效应值
	效应值	分类	效应值	分类	效应值	分类	效应值	分类
果园	1.962	1	3.902	4	3.421	3	2.007	1
河流	1.956	1	2.110	1	2.066	1	2.008	1
近海岸湿地	2.037	1	3.436	3	4.412	4	2.067	1
湖泊湿地	2.163	1	4.501	4	4.228	4	2.040	1
水田	2.119	1	2.383	2	2.292	2	2.093	1
水库水塘	—	—	3.720	3	2.305	2	2.081	1

对于表 3 的分类结果, 各种生态环境质量的变化过程如下:

(1) 从 1979 到 2000 年湿地的生态环境质量下降, 特别是海岸带近岸湿地、湖泊湿地等都是属于生态环境质量相对较差区。

(2) 2000 - 2006 年期间, 生态环境质量出现了好转, 最主要的原因是模地发生了本质的改变, 由农业景观转化成城市景观。

(3) 比较 1979 年和 2006 年的生态效应值可以发现: 此两年的生态效应值都是属于生态环境质量相对良好区, 但是这两年的数值是有差别的。在 1979 年时, 果园和河流的生态环境质量最好, 其数值都小于 2; 在 2006 年的数值中, 虽然在分类上都是属于生态环境相对良好区, 但是其数值都大于 2, 说明 2006 年的湿地生态环境质量好转, 但是没有恢复到 1979 年时的湿地生态环境质量水平; 在 1979 年时的模地是水田, 而在 2006 年时的模地是建筑用地, 模地发生了变化。说明 2006 年的湿地景观格局在建筑用地的模地背景中, 湿地的环境质量是良好的, 景观生态环境质量是基本合理的。

2.4 生态效应值的预测与分析

利用 BP 神经网络, 对生态效应值进行预测, 得到 2011 年和 2016 年的各类湿地生态环境效应值以及分类见表 4。

表 4 2011 和 2016 年生态效应预测值

Tab. 4 The ecological effect forecast in the years 2011 and 2016

类型	2001 年生态 效应值		2016 年生态 效应值	
	效应值	分类	效应值	分类
果园	1.9586	1	1.9577	1
河流	2.0077	1	2.0077	1
近海岸湿地	3.2949	3	3.2949	3
湖泊湿地	1.6843	1	1.6808	1
水田	1.0774	1	1.0749	1

通过表 4 中预测的数据可知: 到 2011 年和 2016

年, 各种类型湿地的生态效应值除了近海岸湿地的生态系统处于生态环境质量相对一般区以外, 其余的湿地类型都是属于生态环境质量相对良好的区。

3 结论

本区的建筑面积从 1979 年以来锐增, 面积比例由 1979 年的 2.43% 增加到 2006 年的 37.82%; 水田面积开始稍有增加, 面积变化百分比由 1979 年的 42.92% 增加到 1990 年 49.19%; 但是从 1990 年到 2006 年, 水田的面积所占的比例逐渐下降, 由 1990 年的 49.19% 减少到 2006 年的 17.95%。使得本区的模地发生了质的变化, 从农业景观变化为城市景观。

生态环境质量最差时期是: 1990 年的果园、湖泊湿地, 以及 2000 年的近海岸湿地和湖泊湿地。说明湖泊湿地的生态效应是生态环境质量相对极差区, 表示湖泊湿地生态结构在 1990 年时期和 2000 年时期是结构极不合理, 活力极低, 生态异常大面积出现, 湿地生态系统已经严重不平衡。

生态环境质量相对较好时期是: 在 1979 年阶段和 2006 年的阶段, 生态效应值都是属于生态环境质量相对良好区, 生态结构合理、系统活力极强, 外界压力较小, 无生态异常出现, 生态系统功能完善、稳定, 处于可持续状态; 其原因是在 1979 年之前, 本区的开发力度小, 人口较少, 是农业景观下的湿地生态环境质量相对良好, 此阶段的模地是湿地; 而在 2006 年, 结果仍然显示为生态环境质量相对良好区, 其原因是本研究区域的模地发生了质的变化, 即城市景观环境下的湿地生态质量良好区。在 1979 年时, 果园和河流的生态环境质量最好, 其数值都小于 2; 在 2006 年的数值中, 虽然在分类上都是属于生态环境相对良好区, 但是其数值都大于 2, 说明 2006 年的湿地生态环境质量好转, 但是没有恢复到 1979 年时的生态环境质量水平。

在预测 2011 和 2016 的生态效应值中发现, 近海岸湿地是生态环境质量相对一般区, 而其余的湿

地生态系统都是属于环境 质量相对良好区。

参考文献:

- [1] 赵魁义编著. 地球之肾——湿地[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 徐化成. 景观生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [3] 余建杰. 基于 TM 遥感影像的鄱阳湖湿地分类研究[D]. 江西南昌: 南昌大学, 2006
- [4] 黄天常. 信息熵的内涵与外延[J]. 陇东学院学报: 自然科学版, 2006, 16(1): 16-18.
HUANG Tianchang. Information entropy used at connotative and denotative levels [J]. Journal of Longdong University, 2006, 16(1): 16-18.
- [5] HAGAN M T, DEMUTH H B, BEALE M H. Neural Network Design[M]. China Machine Press, 2002: 65.
- [6] 郑艳伟, 钱乐祥, 张红光等. 利用神经网络对居民消费价格指数预测的研究[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(6): 67-68.
- [7] 周良臣, 康绍忠, 贾云茂. BP 神经网络方法在土壤墒情预测中的应用. 干旱地区农业研究[J], 2005, 23(5): 98-102.
- [8] 邹建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- ZHENG Yanwei, QIAN Lexiang, ZHANG Hongguang et al. Predication of the consumer price index by BP neural network for Guangzhou [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2006, 18(6): 67-68.
- ZHOU Liangchen, KANG Shaozhong, JIA Yunmao. Application of BP artificial neural network on prediction of soil water content [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(5): 98-102.

The Analysis and Forecast of Eco-environmental Quality of Wetland in Panyu of Guangzhou

ZHENG Yan-wei^{1,2}, QIAN Le-xiang², ZHENG Zhuo¹, WANG Xiao-jing¹, HUANG Kang-you¹,
CAO Ling-long¹, YANG Shi-xiong¹

(1. Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China
2. School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Evaluation of eco-environment quality based on remote sensing (RS), geographical information system (GIS) and neural network were carried out on Panyu district of Guangzhou. The results show that the background of ecological environment has changed radically: from 1979 to 2006, the proportion of building area were increased from 2.43% to 29.94% in 2004 and it reached 37.82% in 2006; the proportion of paddy field area were increased from 42.92% to 49.19% in 1990, but it decreased to 22.70% in 2000 and it reached 17.97% in 2006; so the background in Panyu changed from paddy field area in 1979 to building area in 2006. The qualities of the local wetland ecological environment were declining from 1979 to 2000. The ecological environment qualities were good and the ecological effects is less than 2.2 in 1997. During 1990 to 2000, there are some changes in the ecological environment qualities. The ecological environment qualities of some of the wetland were good and the ecological effect was 2.2-3, but the ecological effect in bad environment was over 3.8. After changing from wetland background to building background in 2006, the relative quality of this area got better and the ecological effect was less than 2.2. According to the prediction values of the ecological effect classification of wetland from 2011 to 2016, the qualities of coastal wetland in Panyu will be attributed to the normal level, the ecological effects will be 3.2.

Key words: remote sensing; eco-environmental quality; landscape index; neural network; Panyu and Nansha districts of Guangzhou