

基于 CITYgreen 模型的绿道生态效益评价 ——以增城市为例

徐容容^{1,2,3}, 江璐明², 陈水森², 曾献铁⁴

(1.中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2.广州地理研究所, 广东 广州 510070;

3.中国科学院大学, 北京 100039; 4.华南师范大学地理科学学院, 广东 广州 510631)

摘要:为科学合理规划与管理城市绿道, 采用 GIS 技术, 根据增城市 2010 年 landsat TM 数据, 运用 CITYgreen 模型对增城市 2010 年绿道生态效益进行评估。结果显示, 绿道每年固碳量为 23 253.42 t, 产生的经济效益为 584.59 万元; 每年净化空气 50 116.73 t, 经济效益 74.07 万元。因此绿道每年固碳及净化空气两项的生态效益就为 658.66 万元, 其中增江东、西岸绿道的生态效益分别为 278.64 万、377.31 万元。结合景观格局分析说明, 景观的构成对绿道生态服务效率有关键作用, 且耕地对固碳及净化空气的作用不大。可见作为生态系统的重要组成部分, 绿道对城市的生态效益贡献是显著的。

关键词:绿道; 生态效益; 增城; CITYgreen 模型

中图分类号: TU986; X826

文献标识码: A

文章编号: 1004-874X(2013)17-0173-04

Ecological benefits assessment of greenway based on CITYgreen model ——A case study of Zengcheng city

XU Rong-rong^{1,2,3}, JIANG Lu-ming², CHEN Shui-sen², ZENG Xian-tie⁴

(1.Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2.Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China; 3.Graduate School, CAS, Beijing 100039, China;

4. School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: For scientific and reasonable planning and management of urban greenway, based on GIS technology, this research used 2010 land sat TM data of Zengcheng city and CITYgreen model to evaluate ecological benefits of greenway. Results show that the annual carbon storage reaches 23 253.42 t, air pollution removal reaches 50 116.73 t, corresponding economic benefits are 5.8459 million yuan in carbon storage, 0.7407 million yuan in air pollution removal; So the total ecological benefits brought by greenway is 6.5866 million yuan. Among these, ecological benefits of greenway in east zengjiang river and west zengjiang river are 2.7864 million yuan and 3.7731 million yuan. Combined with the landscape pattern analysis, it shows that landscape structure directly affects the efficiency of greenway ecosystem services, and cultivated land act little on carbon fixation and air purification. The benefit of greenway is remark for a city.

Key words: greenway; ecological benefits; Zengcheng city; CITYgreen model

20 世纪 90 年代以来, 绿道一直是景观生态学、城市规划、景观设计和保护生物学等多门学科研究的热点和前沿^[1-2]。绿道具有生态功能、休闲游憩功能、经济发展功能、社会文化和美学五大功能^[3], 且其建设基本不需要占用建设用地指标, 投资少、见效快, 是低碳城市建设发展的必然选择^[4]。目前已有许多城市将绿道纳入生态城市建设的重要手段, 尤其是珠江三角洲, 成为全国绿道建设的“先行者”。虽然目前绿道的建设与实践在珠江三角洲得到极大推广, 但国内对绿道的研究和实践相当缺乏, 尤其是绿道的生态服务功能方面的研究^[5], 研究方法也一般基于问卷民意调查^[6]、统计年鉴数据^[7]等。生态功能是绿道蓬勃发展的主要推动力, 对绿道生态效益的研究有助于更好地发挥绿道对城市的作用。CITYgreen 模型是 1996 年美国林业署针对城市生态环境空间分析以及环境效益评价, 基于 ArcView 平台的优秀工具^[8]。2002 年胡志斌等首

次率先将 CITYgreen 模型引入国内, 迄今已成功应用于十余个城市的绿色空间生态效益研究^[9-19], 但未见有关该模型应用于绿道的生态效益评估。本研究借助珠三角大规模建设绿道这一契机, 基于 CITYgreen 平台, 并结合 3S 技术对增城市绿道的生态效益进行评估, 最后结合景观结构分析影响生态效益的因素。以期对城市规划、生态城市建设以及绿道规划等方面提供参考, 为城市绿道生态服务功能的评价提供科学依据, 促进国内绿道生态效益评价的研究。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

增城市位于珠江三角洲东北部、广州市区东部, 背靠大广州, 是广东省广州市下辖的一个县级市, 地处珠江三角洲都市圈内, 是广州、东莞、深圳等珠江三角洲城市群和广深产业带的重要节点。地理坐标为 113°29'4"~113°59'44"E、23°4'42"~23°37'20"N, 总面积 1 616 km²。增城绿道于 2008 年始建, 2010 年基本建成, 是广州市绿道的“先行者”, 也是珠江三角洲地区绿道建设的学习典范。从 2008

收稿日期: 2013-04-15

作者简介: 徐容容(1988-), 女, 在读硕士生, E-mail: natureforest@126.com。

通讯作者: 江璐明(1962-), 女, 研究员, E-mail: jlm@gdas.ac.cn

年起,增城市按照主干道生态型、乡村郊野型、城区都市型的分类标准,率先规划建设 500 km 具有自身特色的三大绿道网络:一是自驾车游绿道,以广汕、荔新、荔白、新新、增正等旅游大道为主线,沿主干道两侧建设了 200 km 的绿色廊道,沿自驾车游绿道建设了 21 个休息驿站和 20 个生态公园,形成多层次、多色彩的生态景观林带和景观节点;二是自行车休闲健身游绿道,从市区到北部白水寨风景区以及湖心岛景区,共建设了长达 250 多 km 的自行车休闲健身绿道,将鹤之洲、增江画廊、湖心岛、小楼人家、白水寨风景名胜等旅游景点有效连接起来,突出乡村体验、健身休闲的功能,打造成为富有田园风光特色休闲精品线;三是增江画廊水上游绿道,以增江为主轴,把初溪枢纽上游 50 km 河道两岸打造成为现代生态型的山水画廊——清明上河图;图 1(彩插二)为增城绿道网规划图。

1.2 研究方法

本研究的原始数据包括增城市 2010 年 TM 影像数据,Google Earth 历史影像,2009 年增城市土地利用数据,增城市行政区划图等。

CITYgreen 是美国园林署与 ESRI 公司联合开发的基于 ArcView 平台的一个附加模块,专门用于绿地生态效益评价的扩展模型。在美国,一般应用 URFORE 和 CITYgreen 两种软件评估城市绿色空间的生态效益,但前者需要详细的树木组成及种群结构数据,而 CITYgreen 可以对不同尺度的遥感影像进行评估^[20]。在 CITYgreen 5.2 版本里提供对遥感或航片数据的分析功能,提高了在较大尺度范围内计算城市植被生态效益的准确性和效率^[21]。CITYgreen 模型通过将遥感数据的属性数据与 CITYgreen 建立联系,利用 GIS 的空间分析功能,进行城市绿色空间的规划管理、生态效益计算和动态变化的模拟及预测。本研究选取大尺度栅格数据,计算研究区绿道的固碳和空气净化两项生态效益。

(1) 固碳生态效益原理: CITYgreen 模型采用生物量推算法来评估城市绿地的固碳效益,比一般的仪器实测

法相对简单,且所需数据较少^[22-24]。计算公式为:

$$C_v = A_r \times G_c \times C_f$$

式中, C_v 为碳存储量(t), A_r 为研究区域面积(km²), G_c 为绿地覆盖率, C_f 为碳储存系数。

(2) 净化空气模型原理: 城市植被主要通过吸收、过滤空气中的 O₃、SO₂、NO₂、PM10、CO 等,从而提高空气质量。该模型年去除量的计算公式为:

$$C = LA \times V_d \times E_t$$

式中, C 为污染物去除量(t), LA 为叶表面积(m²), V_d 为沉降率, E_t 为暴露时间(h)。

1.3 数据处理

1.3.1 影像解译分类 利用 ENVI 软件,参照 Google Earth 历史图像以及 2009 年增城市土地利用数据,对增城市 2010 年 TM 影像进行图像增强、几何纠正等预处理后,采用监督分类结合人工目测判读相结合的方法,选取不同土地类型的训练样区,将增城市土地覆盖类型分为 6 类:林地、园地、农田、水域、建设用地及其他未利用地。最后对分类后影像进行分类后处理,最终输出为 GRID 格式。

1.3.2 绿道控制范围图 绿道是线型地物,与以往面状地物绿地生态效益的研究区别,需要划出控制区作为研究区。增城市严格按照珠三角划分的三种绿道:生态型绿道、郊野型绿道和都市型绿道来建设,按不同绿道类型其控制范围宽度建议分别不少于 200、100、20 m^[25-26]。按照不同绿道类型建议的最少控制范围宽度,制出增城市绿道控制范围矢量图,并与增城行政图合并。

1.3.3 生态效益分析 利用 CITYgreen 模型的净化空气和固碳释氧模块计算增城市绿道的生态效益。在 ArcView 中加载 1.3.1 与 1.3.2 生成的 GRID 数据和 SHP 矢量数据,确定两数据的投影类型一致,通过 name 字段与 CITYgreen 模型建立联系,在 View Properties 里设置单位为米(meters)。然后在 CITYgreen 中更新数据库,建立影像空间特征数据与属性数据的联系(图 2)。

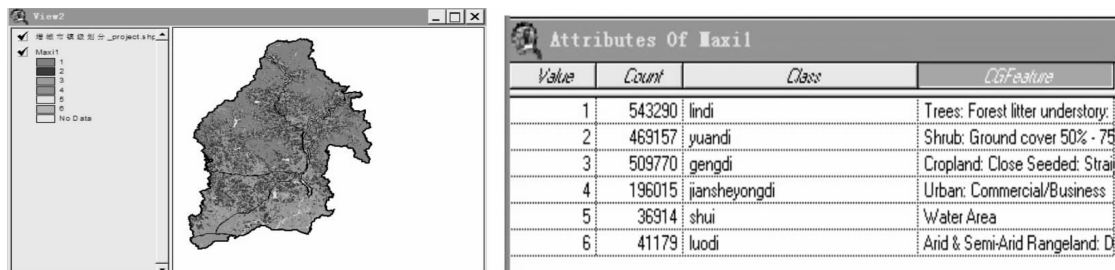


图 2 分类影像数据及属性

2 结果与分析

2.1 景观构成分析

分类的精度直接影响绿道生态效益评价的结果精确性,因此必须对分类结果进行精度验证。验证结果显示总体精度 94.327%, kappa 系数 0.9317, 高于最低判别精度

0.7, 并且误差矩阵显示各地物覆盖类型的分类准确率达 90% 以上(表 1), 因此满足要求。

根据 CITYgreen 报告显示,增江东岸、增江西岸绿道分别占总绿道网面积比为 38% 和 45%, 总共占了增城市总绿道网面积的 83%, 这一比例与增城市绿道的建设工作“以增江东西岸两边绿道为主,其中西岸为主要”的重点

表 1 2010 年增城 TM 影像分类误差矩阵

土地类型	水体	建设用地	未利用地	林地	耕地
水体	97.32	0.00	0.00	0.00	0.00
建设用地	1.79	91.53	0.00	0.63	2.50
未利用地	0.89	0.85	98.26	0.00	0.00
林地	0.00	0.00	0.00	94.97	0.00
耕地	0.00	5.93	1.74	0.63	90.00
园地	0.00	1.69	0.00	3.77	7.50
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

表 2 绿道景观结构比较 (%)

研究范围	耕地	园地	林地	建设用地	水	未利用地	合计
总绿道网	37.01	31.71	9.42	14.72	3.87	3.27	100
增江东岸	33.67	31.29	10.55	11.90	7.71	4.88	100
增江西岸	38.74	37.12	11.93	8.68	1.81	1.72	100

相符。研究区及增江东西岸绿道的景观格局分析如表 2。园地与林地占比之和最高的是增江西岸，其次是增江东岸，总绿道网最低。但耕地、园地和林地 3 项占比总绿道网高于增江东岸，增江西岸耕地、园地和林地这 3 项的比例依然最高。由于增江西岸绿道增城市主城区到廖村、棠村、陈桥头村、莲塘村、小楼镇、江坳村、派谭镇等连接了增城市的主要城镇及村落，因此增江西岸的耕地及园地比例要高于增江东岸绿道。而增江东岸的水体的比例较高主要因为整个增江西岸绿道是主要沿着增江建设的(图 1)。

2.2 增城市绿道生态效益分析

2.2.1 绿道固碳生态效益分析 根据 CITYgreen 分析报告表,2010 年增城市绿道网固碳总量达 23 253.42 t,根据固碳成本 251.40 元/t^[27]计算得到固碳生态效益 584.6 万元,每平方公里产生的生态效益为 25.16 万元(表 3)。其中增江东岸绿道固碳量 9 837.25 t,增江西岸绿道固碳量 13 320.48 t,单位面积固碳生态效益分别是 28.08 万元,31.98

表 3 2010 年增城市绿道固碳生态效益分析

研究范围	固碳量 (t)	生态效益 (万元)	单位面积生态效益 (万元/km ²)
总绿道网	23253.42	584.59098	25.16
增江东岸	9837.25	247.3085	28.08
增江西岸	13320.48	334.8769	31.98
其他	95.69	2.40558	15.42

万元。结合绿道景观结构分析,总绿道网绿地面积大于增江西岸,增江西岸绿地面积大于增江东岸,因此总固碳量总绿道网要大于增江西岸,增江西岸高于增江东岸。而增江西岸的园地与林地面积比例最高(表 2),因此增江西岸的单位面积固碳生态效益也最高。可见绿道的生态效率与绿地面积比例成正比关系。

2.2.2 绿道净化空气生态效益 根据 CITYgreen 分析报告表,2010 年增城绿道净化 O₃、SO₂、NO₂、PM10 以及 CO 的量分别为 17 330.64、5 814.71、8 976.05、16 076.91、1 918.42 t,合计 50 116.73 t,相应产生的经济价值分别为 33.14 万、2.7 万、17.17 万、20.53 万、0.51 万元,合计绿道净化空气产生的生态效益为 74.07 万元。增江东、西岸绿道空气净化总量分别为 21 201.64、28 708.84 t,相应产生的经济效益为 31.33 万、42.43 万元。占总绿道网空气净化量的 99.6%。从图 3A 看出,绿道对臭氧的去除能力最强,其次是 PM10,然后是 NO₂ 和 SO₂,且增江西岸绿道的空气净化能力总是优于增江东岸绿道;图 3B 显示单位面积净化空气量增江西绿道大于增江东绿道大于总绿道网平均水平,分别为 4.051983 万、3.56 万和 3.19 万元/km²,与单位面积固碳能力排序一致。结合表 2 分析可知,耕地、园地、林地 3 项占比虽然总绿道网要高于增江东岸,但园地与林地两项占比低于增江东岸,说明耕地对于固碳以及净化空气的作用不大;并且和固碳效益对比,净化空气的的效益要远低于固碳效益,说明绿道的主要生态功能在于固碳,而净化空气为其次。

增城市绿道空气净化生态效益统计见表 4。

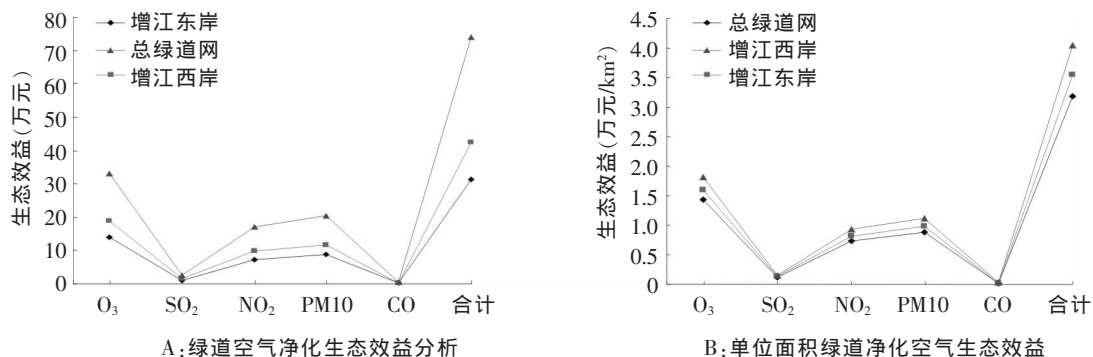


图 3 增城市绿道空气净化生态效益分析

3 结论与讨论

珠三角绿道是国内绿道建设的表率,珠三角大规模建设绿道是国内绿道理论与实践研究发展的良机,本文基于 CITYgreen 模型研究绿道对城市的生态服务功能。研

究结果表明每年绿道网通过固碳和净化空气产生的生态效益分别是 584.59 万、74.07 万元,合计 658.66 万元。其中增江东岸绿道固碳和净化空气产生的生态效益分别是 247.31 万、31.33 万元,合计 278.64 万元;增江西岸绿道的固碳及净化空气的生态效益分别是 334.88 万、42.43 万

表4 2010年增城市绿道空气净化生态效益统计

空气污染源	净化空气量(t)			经济效益(万元)			单位面积经济效益(万元/km ²)		
	总绿道网	增江东岸	增江西岸	总绿道网	增江东岸	增江西岸	总绿道网	增江东岸	增江西岸
O ₃	17330.64	7331.64	9927.67	33.1444	14.02158	18.98642	1.42660958	1.59200323	1.8134883
SO ₂	5814.71	2459.88	3330.89	2.71714	1.14947	1.55648	0.11623	0.130585	0.148975
NO ₂	8976.05	3797.28	5141.84	17.1681	7.26291	9.8346	0.739134	0.82439	0.938736
PM10	16076.91	6801.26	9209.49	20.52838	8.684432	11.75946	0.883775	0.985634	1.123045
CO	1918.42	811.58	1098.95	0.5117795	0.2165036	0.2931699	0.021954	0.024982	0.027694
合计	50116.73	21201.64	28708.84	74.06985	31.33489	42.43013	3.188563	3.557594	4.051938

元,合计 377.31 万元。总绿道网的生态效益最高,其次是增江西岸绿道,增江东岸绿道生态效益最低,说明绿地面积是影响生态效益的主要因素,但并不是决定因素。总绿道网络、增江东岸绿道及增江西岸绿道的单位面积生态效益分别是 28.35 万、31.64 万、36.03 万元/hm²,增江西岸最高,分析景观构成,增江西岸的绿地比例最高,说明优化景观结构可以提高绿道的生态效益。本研究限于城市尺度,由于数据分辨率有限,未能考虑树种以及植物群落的分配,这是本研究有待深化之处。绿道是城市重要的生态系统,对城市的生态效益显著。

本研究计算了绿道的固碳以及净化空气的生态效益,净化空气的生态效益要远低于固碳,这并不说明绿地的净化空气作用可以忽略。近年来有关空气污染与慢性疾病、癌症剧增,空气污染是首祸的报道越来越多。研究表明城市植被能有效吸收有害污染物,从而改善大气环境质量,对促进居民身心健康有十分重要的作用^[28]。绿道对居民的身心健康作用定量化研究还有待于进一步深入,这也是 CITYgreen 模型有待完善之处。

随着珠三角绿道的大规模建设,绿道的积极作用已被人类熟知,但是国内对绿道的研究成果多是国外概念的引进以及国外绿道建设案例的介绍,缺乏本土绿道特色化的相关研究。珠三角城市群的绿道网络实践从 2008 年开始已成为国内绿道建设的典范,绿道实践也已趋成熟,结合 3S 技术,对城市群绿道网络进行研究有待尝试。

参考文献:

- [1] Dawosn K J. A comprehensive conservation strategy for Georgia's greenways [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1995, 33 (1-3): 27-43.
- [2] Walmsley A. Greenways and the making of urban form [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1995, 33(1-3): 81-127.
- [3] 周年兴,俞孔坚,黄震方. 绿道及其研究进展[J]. *生态学报*, 2006 (9): 3108-3116.
- [4] 徐志红,张美坤. 浅谈绿道的交通工程设计要点[J]. *市政技术*, 2012(2): 33-35.
- [5] 胡剑双,戴菲. 中国绿道研究进展[J]. *中国园林*, 2010(12): 88-93.
- [6] 赖伯舟. 增城市绿道网项目建设及效益评估研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [7] 陈忠暖,刘燕婷,王滔滔,等. 广州城市公园绿地投入与环境效益产出的分析——基于数据包络(DEA)方法的评价[J]. *地理研究*, 2011(5): 893-901.
- [8] 范文义. 资源与环境信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [9] 胡志斌,何兴元,陈玮,等. 沈阳市城市森林结构与效益分析[J]. *应用生态学报*, 2003(12): 2108-2112.
- [10] 韦美玉,赵洪. 都匀市市区行道树配置结构分析[J]. *黔南民族师范学院学报*, 2004(6): 40-43.
- [11] 张侃,张建英,陈英旭,等. 基于土地利用变化的杭州市绿地生态服务价值 CITYgreen 模型评价[J]. *应用生态学报*, 2006(10): 1918-1922.
- [12] 李佩武,李贵才,陈莉,等. 基于 GIS 的深圳梧桐山林地增长预测与削减径流生态效益评估[J]. *地理与地理信息科学*, 2008(5): 80-83.
- [13] 刘江涛,赵林森. 昆明市金碧公园部分生态效益及其抚育管理成本分析[J]. *西北林学院学报*, 2008(4): 214-217.
- [14] 胡赫. 基于 CITYgreen 模型的北京市建成区绿地生态效益分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [15] 黄初冬,邵芸,柳晶辉,等. 基于遥感技术的通州新城区森林生态价值评估[J]. *辽宁工程技术大学学报(自然科学版)*, 2008(1): 121-124.
- [16] 陈莉,李佩武,李贵才,等. 应用 CITYGREEN 模型评估深圳市绿地净化空气与固碳释氧效益[J]. *生态学报*, 2009(1): 272-282.
- [17] 凌焕然,王伟,樊正球,等. 近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益[J]. *生态学报*, 2011(19): 5607-5615.
- [18] 王冬生,况明生,张小军,等. 基于 RS 的城市绿地及其固碳能力演变研究——以重庆市主城区为例[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2012(3): 105-112.
- [19] 张陆平,吴永波,郑中华,等. 基于 CITYgreen 模型的苏州市森林生态效益评价[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2012(1): 59-62.
- [20] Nowak D J, Crane D E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA [J]. *Environmental Pollution*, 2002, 116(3): 381-389.
- [21] American Forests Citygreen. 5. 0 User Manual [M]. Washington D C: American Forests, 2002.
- [22] 李意德,吴仲民,曾庆波,等. 尖峰岭热带山地雨林群落生产和二氧化碳同化净增量的初步研究[J]. *植物生态学报*, 1998(2): 32-39.
- [23] 任志远,李晶. 陕南秦巴山区植被生态功能的价值测评[J]. *地理学报*, 2003(4): 503-511.
- [24] 彭立华,陈爽,刘云霞,等. Citygreen 模型在南京城市绿地固碳与削减径流效益评估中的应用[J]. *应用生态学报*, 2007(6): 1293-1298.
- [25] 广东省住房和城乡建设厅. 珠三角区域绿道(省立)规划设计技术指引(试行)[J]. *建筑监督检测与造价*, 2010(3): 1-8.
- [26] 增城市文体旅游局,增城市质监局,广州地理研究所. DBJ440100/T120—2012 绿道旅游服务规范[S]. 2012.
- [27] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,等. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探——以海南岛尖峰岭热带森林为例[J]. *应用生态学报*, 2000(4): 481-484.
- [28] 高岩. 北京市绿化树木挥发性有机物释放动态及其对人体健康的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.

藏猪耳部成纤维细胞的分离与培养（内文130~132页）图版

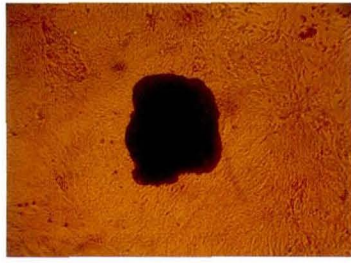


图1 藏猪耳部纤维细胞的原代培养

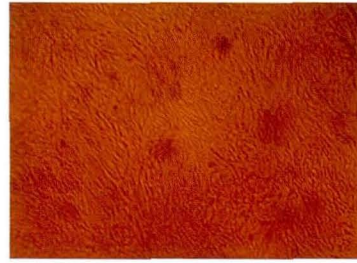


图2 藏猪耳部纤维细胞的传代培养

基于CITYgreen模型的绿道生态效益评价——以增城市为例 （内文173~176页）图版

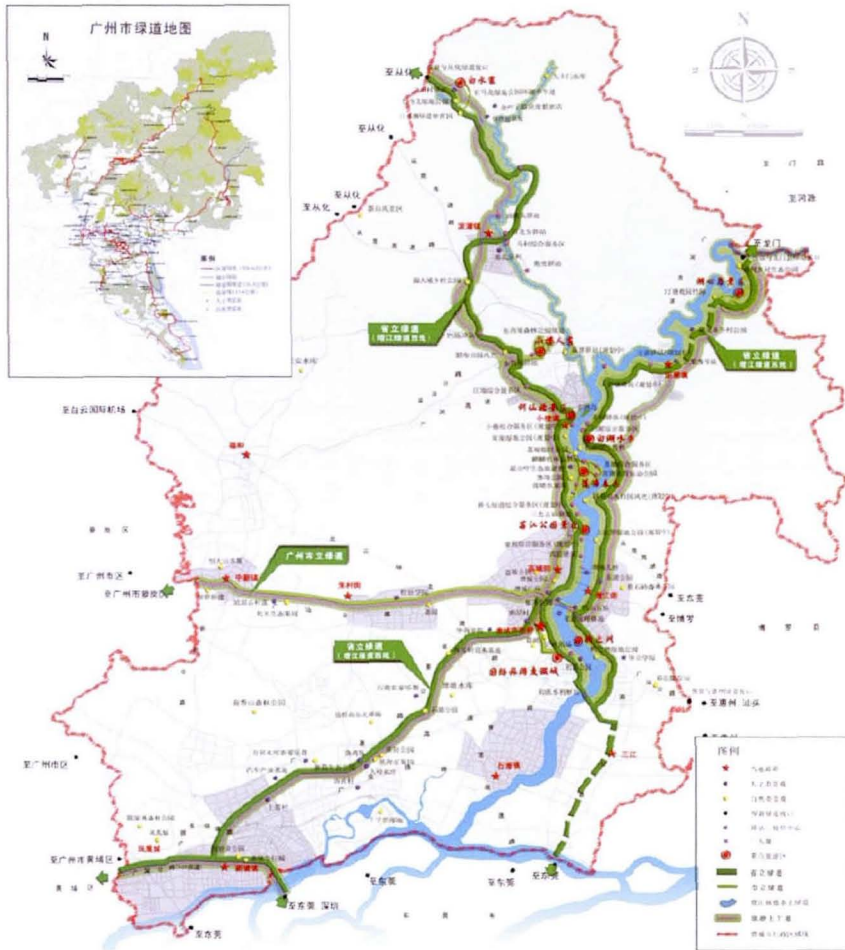


图1 增城市绿道网规划图

一种低成本的农业现场视频/图像快速采集系统（内文177~180页）图版

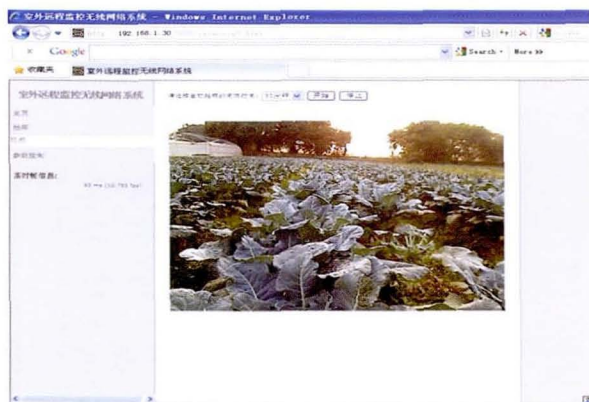


图6 系统功能界面



(a) 原始视频效果

(b) 调节视频亮度效果

(c) 调节视频对比度效果