

CAUPS: 基于对象和 Agent 的机助城市规划系统

蒋云良^{1),2)} 庄越挺²⁾ 徐从富²⁾ 刘勇²⁾

¹⁾(湖州师范学院信息工程学院,湖州 313000) ²⁾(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室,杭州 310027)

摘要 CAUPS(computer aided urban planning system) 系统是一个基于对象和 Agent 的计算机辅助城市规划系统,它改变了传统城市规划中需要使用多种不同软件协同设计的规划模式,实现了一种新的城市规划流程,即通过辅助规划人员定义对象、添加对象、系统自动评估设计方案等步骤,大大提高了城市规划的效率。介绍了 CAUPS 的设计与实现方法,其主要特点一是将传统 GIS 中的关系数据形式转变成以对象为基本单位的面向对象形式;二是采用实体 Agent 作为其运行的基本单元。该系统已成功地应用于杭州西湖申报世界文化遗产等规划项目中。

关键词 城市规划 GIS 对象 实体 Agent

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2005)12-1560-07

CAUPS: An Object and Agent Based Computer Aided Urban Planning System

JIANG Yun-liang^{1),2)}, ZHUANG Yue-ting²⁾, XU Cong-fu²⁾, LIU Yong²⁾

¹⁾(School of Information & Engineering, Huzhou Teachers College, Huzhou 313000)

²⁾(State Key Laboratory of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract CAUPS(computer aided urban planning system) is an object and Agent based computer aided urban planning system. It changes the traditional urban planning pattern that needs multiple software to design cooperatively, and realizes a kind of novel urban planning pattern, i. e., it firstly defines the urban objects that will be used by typical designers in planning, and then adds them to the evaluation sub-system, which will evaluate the design case automatically. One of the most important advantages is that it can increase the planning efficiency greatly. The method of design and implementation of CAUPS is presented in this paper. One of the main characters of CAUPS is that the relational data form in traditional GIS is transformed into the object-oriented form in CAUPS where object is regarded as the basic unit. Another main character of CAUPS is it uses the entity agents as its basic units during the process of urban planning. This system has been implemented successfully in the Planning Project of Hangzhou Westlake.

Keywords urban planning, GIS, object, entity agent

1 引言

随着计算机技术在城市规划中的广泛应用,城市规划设计师(以下简称规划师)越来越频繁地运用图形图像处理软件(如 AutoCAD, 3Dmax, Photoshop 等)来辅助其设计工作。虽然这些软件在不同程度上给规划师们带来了方便,但都存在如下缺陷:(1)由于它们只侧重于视觉效果的设计功能,

故无法对规划中的具体数据进行合理的利用;(2)这些软件往往只能展现待规划区域在特定时刻的面貌,故难以实现持续的动态规划和设计等功能。

为解决上述问题,人们很自然地将地理信息系统(GIS)引入城市规划领域。GIS 是处理地理数据的输入、输出、管理、查询、分析和辅助决策的计算机系统^[1],它将表格式信息和地图式信息结合起来,在计算机内组织成一个反映数量和拓扑特征的地理信息数据库。在相应的软件工具支持下,GIS 能对

基金项目:国家自然科学基金项目(60573056, 60402010);浙江省自然科学基金项目(M603169)

收稿日期:2005-06-30;改回日期:2005-09-20

第一作者简介:蒋云良(1967~),男,副教授。现为浙江大学计算机学院计算机应用专业博士研究生。主要研究方向为地理信息系统、人工智能、信息融合等。E-mail: jylsy@zju.edu.cn

数值和图形做出各种分析处理。以 ArcInfo^[2], ArcView, MapInfo 等为代表的一系列商品化 GIS 软件正是为有效地解决城市规划中的相关问题而开发的,实践证明这些 GIS 软件都获得了很大成功。

传统的 GIS 侧重于解决城市规划中所涉及的对象图形画法及其属性数据的关联等问题。然而在城市规划过程中,规划师们希望从某些实际对象的动态变化来分析其对规划方案的影响。例如,增加一个新车站后,会对所规划区域的经济、交通、生态保护等方面产生何种效果。因此,传统意义上的 GIS 难以满足规划师们的实际需求。

本文着重介绍一个基于对象和 Agent 的辅助城市规划 GIS 系统——CAUPS 的设计与实现方法。CAUPS 系统由 3 个主要部分组成,即实体定义系统、对象关系定义系统和辅助城市规划 GIS 系统(如图 1 所示)。它改变了传统城市规划中需要使用多种不同软件协同设计的规划模式,实现了一种新的城市规划流程,即通过辅助规划人员定义对象、添加对象、系统自动评估设计方案等步骤,大大提高了城市规划的效率。CAUPS 的主要特点一是将传统 GIS 中的关系数据形式转变成以对象为基本单位的面向对象形式;二是采用实体 Agent 作为其运行的基本单元。该系统已成功地应用于杭州西湖申报世界文化遗产等规划项目中。

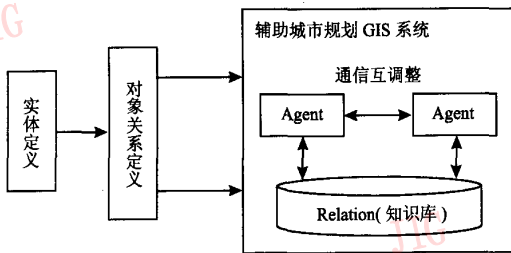


图 1 CAUPS 系统的基本架构

Fig.1 Basic architecture of CAUPS

2 CAUPS 系统的基本架构

CAUPS 系统采用 MySql + Java 作为开发平台,其基本架构如图 1 所示。由图 1 可知,CAUPS 系统由 3 个主要部分组成,即实体定义系统、对象关系定义系统和辅助城市规划 GIS 系统。首先,利用实体定义系统对所涉及的具体对象(如工业设施、医院、公园等)进行定义;再通过对象关系定义系统建立实体间相互

影响关系,例如,公园会对小区内的环境产生正面影响,而工业设施可能会对小区内的环境产生负面影响等;对象之间关系定义好之后,规划师只需借助辅助城市规划 GIS 系统中的交互功能,选择规划过程中涉及到的对象加入 GIS 系统,在导入基本地理信息数据的基础上,建立所需的规划方案;最后,通过辅助城市规划 GIS 系统中的对象关系演算功能对规划方案进行综合评定。其工作原理和流程如图 2 所示。

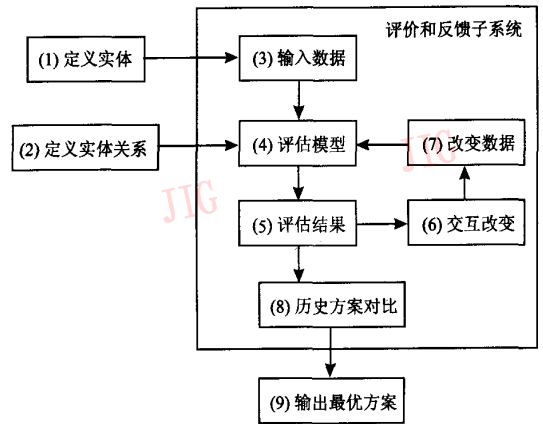


图 2 CAUPS 系统工作原理流程图示意图

Fig.2 Flow illustration diagram of working principle of CAUPS

虽然面向对象数据库^[3](如 Jasmine^[4]等)已在 GIS 中得到应用^[5],但其成熟度和稳定性仍有待提高,且长期以来几乎所有的城市规划 GIS 系统都采用关系数据库,因此在保证数据通用性的前提下,CAUPS 系统仍采用关系数据库。当前常用的数据库系统(如 Oracle, SQL Server 等)虽有一定的面向对象功能,但其本质上仍属于关系数据库,无法完全支持面向对象特性。为此,在 CAUPS 系统中建立了一个介于 GIS 系统与关系数据库之间的中间转换模块,以此来将关系数据库表中的数据绑定到 OOGIS 系统中的具体对象上。

3 CAUPS 系统的功能模块

3.1 实体定义系统

实体定义系统充分体现了 CAUPS 系统的面向对象特性,其主要界面如图 3 所示。在实体定义系统中,将一个实体的具体描绘方法作为一个属性对待,它区别于传统 GIS 系统中先绘制再赋予属性的做法,用户就可更多地关注规划方案的设计。

在实体定义系统中,除了绘制方法作为对象的属性外,其他主要属性有:(1)物体大小;(2)物体表面的材质或纹理;(3)物体的颜色;(4)物体所处的位置;(5)物体的数量;(6)物体处于某个状态下的

时刻;(7)物体的专有属性。

在图 3 中,用户可自定义实体对象的绘制方法并保存。在实体定义系统中,用户还可为实体定义新的属性,如图 4 所示。

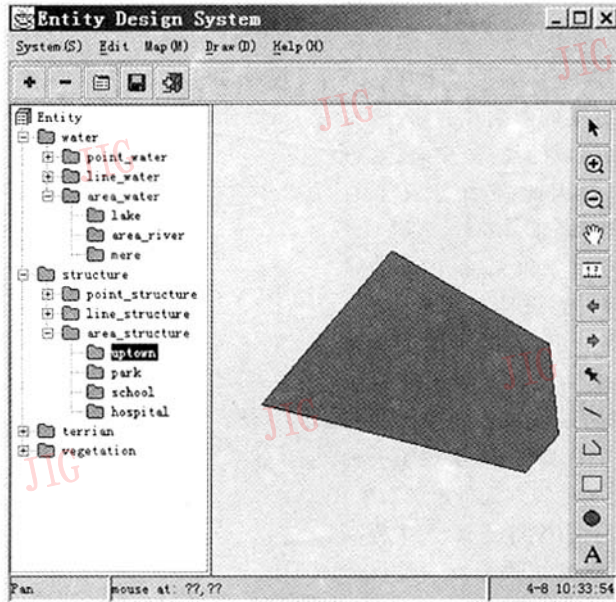


图 3 实体定义系统

Fig.3 Entity definition system

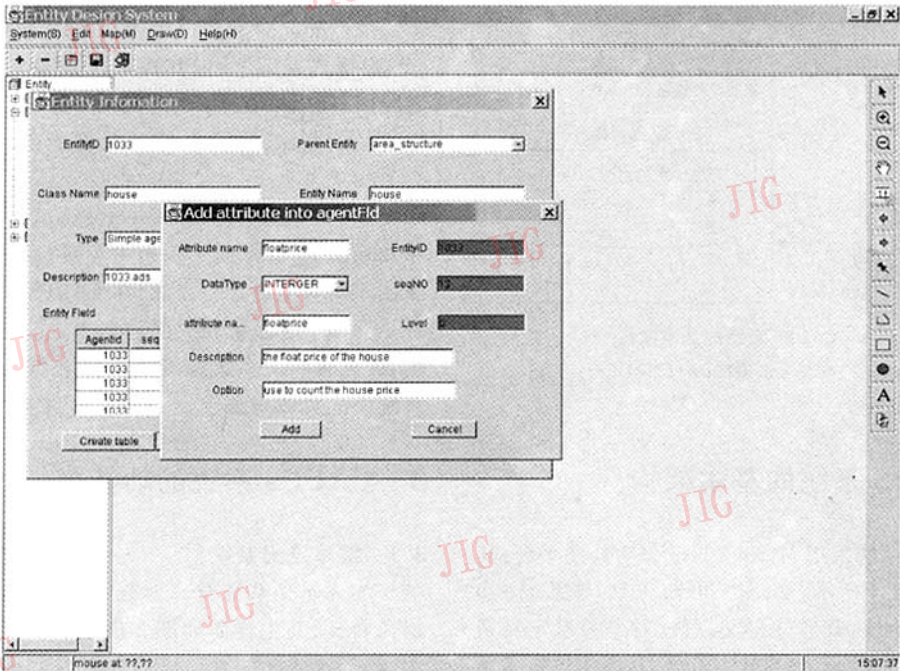


图 4 为实体添加新的属性

Fig.4 Add new attribute into entity

3.2 关系定义系统

对于一个面向对象系统,对象之间的关系极为重要。在 CAUPS 系统中,每个对象实际上由两部分组成,即对象的属性(包括对象的绘制方法等)和对象之间的关系。因此 CAUPS 系统必须有关系定义模块。这里所说的关系是指城市规划过程中涉及到的对象之间的相互影响。

在城市规划过程中,针对不同的规划目标,所涉及的规划对象及对象之间的关系(或考虑因素)都各不相同。相对来说,城市规划中所涉及的实体对象是相对稳定的。然而对象之间的关系变化却很大。这就需要开发一个随着设计目标的不同而能灵活变化的对象系统,因此,本文没有采用在定义对象的同时也定义其关系的传统方法,而是将对象关系定义系统单独作为一个模块与对象属性分别定义。这样就可根据不同的规划目的来定义不同的关系模型,从而达到灵活地适应具体规划需求的目的。关系定义系统的一个实例如图 5 所示。

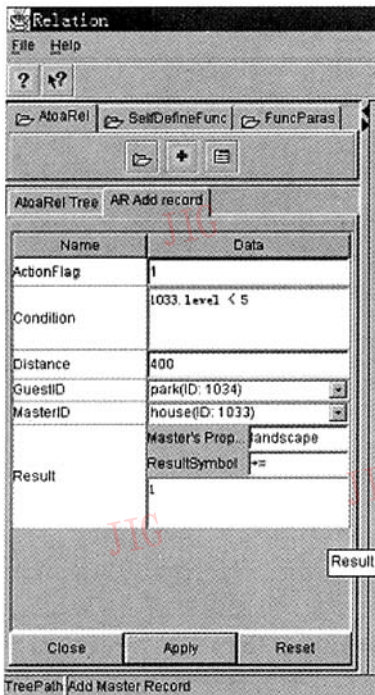


图 5 关系定义系统

Fig. 5 Relation design system

3.3 辅助城市规划 GIS 系统

在完成实体定义之后,用户需要一个能建立其规划方案的软件环境。在传统的城市规划过程中,

规划人员经常使用 CAD 系统(如 AutoCAD 等)进行方案设计,主要集中于图纸的绘制,然后再使用 GIS 软件(如 ArcGIS 等),将图纸中每个图元对应的信息输入 GIS 软件,利用 GIS 软件中的信息统计与查询功能对方案进行大体上的评估。在上述过程中,若需要对方案进行微调,则必须退到 CAD 系统以重新编辑图纸,然后再修改 GIS 中对应图元的信息和属性,这个过程非常繁杂。

研制 CAUPS 系统的目的是开发出结合 GIS 与 CAD 两者优点的面向对象 GIS 系统,即以对象为单位的 GIS 系统。这样用户一旦需要对设计方案进行微调(如添加或删除某对象,改变某对象的属性,改变某对象的位置等)就不必退到 CAD 系统中,只需直接在辅助城市规划 GIS 系统中设置规划对象的属性和位置即可,从而极大地提高了规划人员对规划方案进行评估的效率。通过关系定义系统中给出的对象之间相互影响关系,规划人员可快速获得当前规划方案的评估结果。在杭州钱塘江沿岸规划方案的交通、经济、景观等效果评估过程中,利用 CAUPS 系统得到了如图 6 所示的评价结果。

4 CAUPS 中的多 Agent 协作策略

4.1 多 Agent 协作策略

在 CAUPS 系统的实现过程中,采用了基于多 Agent 系统(multi-Agent system, MAS)^[6]的体系结构。在该系统中,每个实体均可当作自主 Agent,且称之为实体 Agent(entity Agent),它是多 Agent 系统中最基本的智能单元,其知识由实体关系定义系统给出。

将 MAS 系统中的 Agent 通信方式及负载控制策略称为多 Agent 协作策略,这是决定此类系统的性能和效率的重要因素^[7],同时它也是 CAUPS 系统中实体 Agent 之间进行通信和交互的主要依据。

在城市规划过程中,若所有细节的属性数据都需要由规划人员来考虑和设定,则往往效率十分低下。事实上,规划师们也不可能对所涉及的所有对象及其属性进行非常全面的考虑(一般的小型规划方案就可能涉及到成千上万个对象)。这就需要通过多 Agent 的自动属性调整来实现对象一级的交互,以得到规划方案的整体效果和演化趋势,这时规划人员只需在总体方案上进行适当的控制即可。因此,在 CAUPS 系统中,实体 Agent 之间的协作策略在辅助城市规划方案设计和评价时具有重要的理论和现实意义。



图 6 交通、经济、景观效果评估示意图

Fig. 6 Evaluation illustration diagram of effect of traffic, economic and landscape

4.2 基于 KQML 的 Agent 通信机制

在 CAUPS 系统中, 实体 Agent 通过 KQML^[8] 描述的消息实现多 Agent 间的通信。同时, 实体 Agent 与知识库中的规则(即对象关系定义系统所给出的实体对象关系)也由 KQML 进行传递。

KQML 类似于高级语言, 其编码既可直接由程序员完成, 也可由程序自动生成, 而解码则完全由程序执行。因 KQML 既是一种通信语言, 又是一种通信协议和标准, 故每个 Agent 只要遵守该协议, 即可受到它所提供的通信支持, 若要遵守协议, 每个 Agent 必须添加一个 KQML 语言解释器。KQML 的通信原语可分为基本交互原语、辅助原语与网络原语, 而基本交互原语只完成一些基本操作, 故普通 Agent 只需实现基本原语解释即可。此外, 还有一种名为辅助器(facilitator)的 Agent 则需完成一些特殊功能, 所以它还应支持特殊原语的解释。在多 Agent 系统中辅助器也可能有多个。

4.3 属性调整策略

在 CAUPS 系统中, 多 Agent 间属性互调整并非一个无休止的计算和调整过程, 故需一定的限制性

条件和控制算法来终止该过程, 称之为多 Agent 属性调整策略。

CAUPS 系统中多 Agent 属性调整的限制性条件主要包括距离和时间两个因素, 分别对应着实体 Agent 的空间属性和时序属性。其中, 距离属性是指一个实体 Agent 的作用范围, 也就是说在进行多 Agent 的属性调整过程中, 某个实体 Agent 只对其作用范围内的实体 Agent 才会产生影响。在进行属性调整过程中, 实体 Agent 首先在地图上查找位于其作用范围内的其他实体 Agent, 然后发送一条 KQML 格式的属调整消息到所找到的实体 Agent, 这些实体 Agent 在接收到消息后自动去查找相应的支持知识, 并进行自身的属性维护。同样地, 在进行多 Agent 的属性互调整过程中, 时间也是一个非常重要的因素, 为保持 CAUPS 系统中当前所有实体 Agent 的一致性, 需要建立并维护一个统一的时间系统。该时间系统包括: (1) 时间范围, 也称时间跨度, 是指整个动态演化模拟过程的时间长度; (2) 时间间隔, 即数据采样间隔, 其是 CAUPS 系统中的最小时间单位; (3) 时间比率, 即针对不同的规划过程

采用不同的时间范围和时间间隔,将它们统一到唯一的时间系统中的某个参数。使用时间间隔作为实体 Agent 属性调整的同步点,即每次实体 Agent 的属性调整均始于一个时间间隔的起始点,结束于一个或多个时间间隔。因此,实体 Agent 系统的同步问题就可简化为时间采样点的对齐问题。

5 实例

通过一个实例来说明 CAUPS 系统在城市景观规划评价中的应用。在该实例中利用 CAUPS 系统对杭州西湖申报世界文化遗产所做的规划方案进行验证。其步骤如下:

(1) 数据输入/导入

通常情况下在 CAUPS 系统中,规划师使用 CAUPS 提供的 CAD 输入系统在地图上添加规划方案中的对象并指定其属性,然后进一步地予以评估。在杭州西湖申报世界文化遗产方案中采用的是 ArcGIS 系统管理图层及对应的规划对象,而且该方案中涉及到的数据量非常巨大,故特此设计一个从 ArcGIS 的文件格式中提取出实体对象工具,直接转换成为 CAUPS 中的实体对象(包括其几何拓扑形状和对应的属性)。导入并转换为实体数据后的西湖边区域如图版 I 图 1 所示,导入的数据包括西湖周边地区建筑、植被、水域等地理对象属模型中的属性坐标。图中蓝色多边形表示沿湖周边的建筑物,这是对湖心观察点构成视觉影响的近层景观;草绿色区域表示植被覆盖区;紫红色区域表示对湖心观察点视觉造成影响的中层景观建筑;青色区域表示对湖心观察点构成视觉影响的远层景观。

(2) 评估模型设定

在完成了数据导入后,接下来需要在 CAUPS 系统中设置评估模型。使用图 5 所示的实体关系定义系统,定义出各种实体间的相互作用关系,实体属性对评估侧重点的影响,如区域内的植被覆盖率对区域生态环境,以及区域景观的影响。也可以使用 CAUPS 中缺省定义的相关的实体作用关系。

(3) 设定相关的评估参数

在该步骤中,需要给出评估需要考虑的侧重点,如是否优先考虑方案对规划区域景观,或者经济等方面的影响。另外因为评估过程是动态的,故需要设定评估的时间间隔以及跨度等,在本实例中设置采样时间间隔为 10 年,时间跨度为 40 年。

(4) 方案的评估与反馈

在完成以上的设定后,使用 CAUPS 中的方案评估系统(图 6),对规划方案进行评估。在每次评估结束后,用户可以使用 CAUPS 提供的属性微调功能修改方案并重新得到新的评估结果,与前次的结果进行对比,从而判别出修改前后方案的优劣。

评估采用积分制。在本例中,CAUPS 会根据当前的风景元素及时地计算出当前的景观评估分值,以表征当前景观的美景度;而系统的交互行为表现为根据输入的属性 and 特定的时间设置对西湖生态区域进行评估,即根据如下公式计算出评估值。

$$S = \sum (P_i \times W_i)$$

式中, P_i 和 W_i 分别指实体属性的评分数值以及对应属性的权值。

实验结果表明,规划人员利用 CAUPS 系统能较方便地进行方案的设计和评估。

6 结论

随着我国社会经济的飞速发展,城市化步伐不断加快。如何对我国众多的大、中、小城市进行科学、合理的规划已成为一项亟待解决的大课题。在城市规划中需要同时考虑各种复杂因素,如地理、气候、建筑、交通、动植物、人文、文物、景观等,长期以来这些因素都由规划师们主观考虑,因而导致城市规划的效率低下。本文所述的 CAUPS 系统从专业规划师的设计角度入手,改变了传统 GIS 系统中的信息输入组织模式,给出了一个更加合理的基于对象和 Agent 的规划对象信息管理系统,从而大大提高规划人员进行城市规划方案设计和评估的效率。

致谢 美国哈佛大学城市与景观设计院夏建统博士为本系统的设计、实现和实际应用提供了一些的富有启发性的思路,并提供了部分国外文献资料,在此表示衷心的感谢。

参考文献 (References)

1. Chen Shu-peng, Lu Xue-jun, Zhou Chen-hu. A guide to geographical information system[M]. Beijing: Science Press, 1999: 3~12. [陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 3~12.]
2. ESRI Inc. Manual to ArcInfo [EB/OL]. <http://www.esri.com/>, 1996-05-23.

- 3 Cattell R G G. Object Data Management: Object-oriented and Extended Relational Database Systems[M]. Boston, Massachusetta, USA: Addison-Wesley, 1991.
- 4 Ishikawa H, Izumida Y, Kawato N. An object-oriented database system Jasmine: implementation, application and extension [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Database Engineering, 1996, 8(2): 285 ~ 303.
- 5 Li Jun, Jing Ning, Wu Qiu-yun, *et al.* 3D GIS experimental system on object-oriented database[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(7): 880 ~ 885. [李军, 景宁, 吴秋云等. 基于面向对象数据库的三维 GIS 实验系统[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(7): 880 ~ 885.]
- 6 Jennings N R, Sycara K, Wooldridge M. A roadmap of agent research and development[A]. In: Autonomous Agents and Multi-Agent Systems[C], Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998: 275 ~ 306.
- 7 Luo Ying-wei, Wang Xiao-lin, Xu Zhuo-qun. Research on load control strategy in Geo-Agents[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(6): 775 ~ 759. [罗英伟, 汪小林, 许卓群. Geo-Agents 系统中的负载控制策略[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(6): 755 ~ 759.]
- 8 Tim Finin, Yannis Labrou, James Mayfield. KQML as an agent communication language[A]. In: Jeff Bradshaw (Ed.), Software Agents[M], Cambridge: MIT Press, 1997: 231 ~ 247.

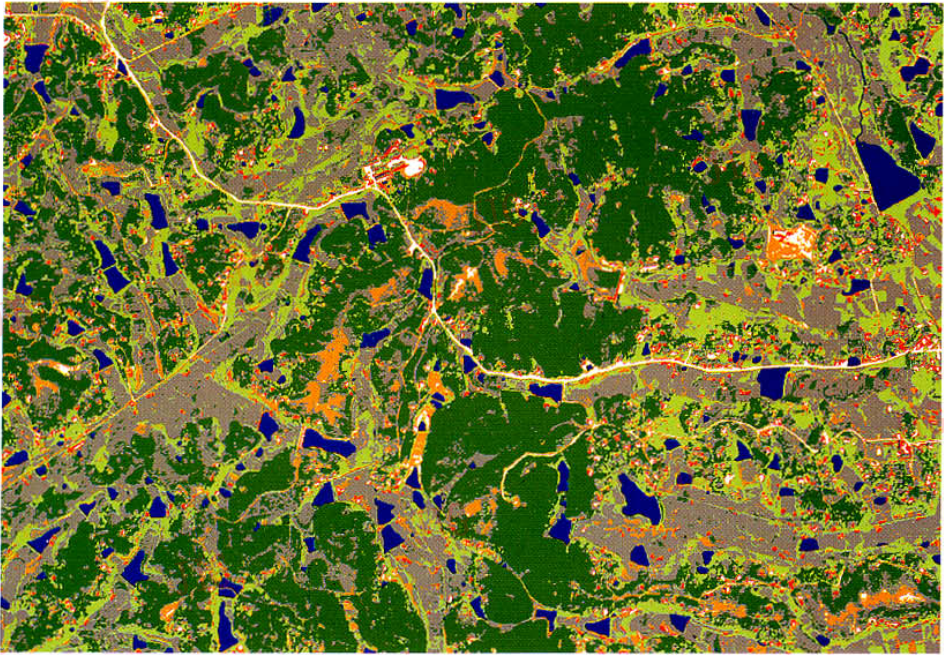


图1 采用灰度阈值分割后的QuickBird图像
Fig.1 The segmented QuickBird image by gray threshold

蒋云良等:CAUPS:基于对象和Agent的机助城市规划系统

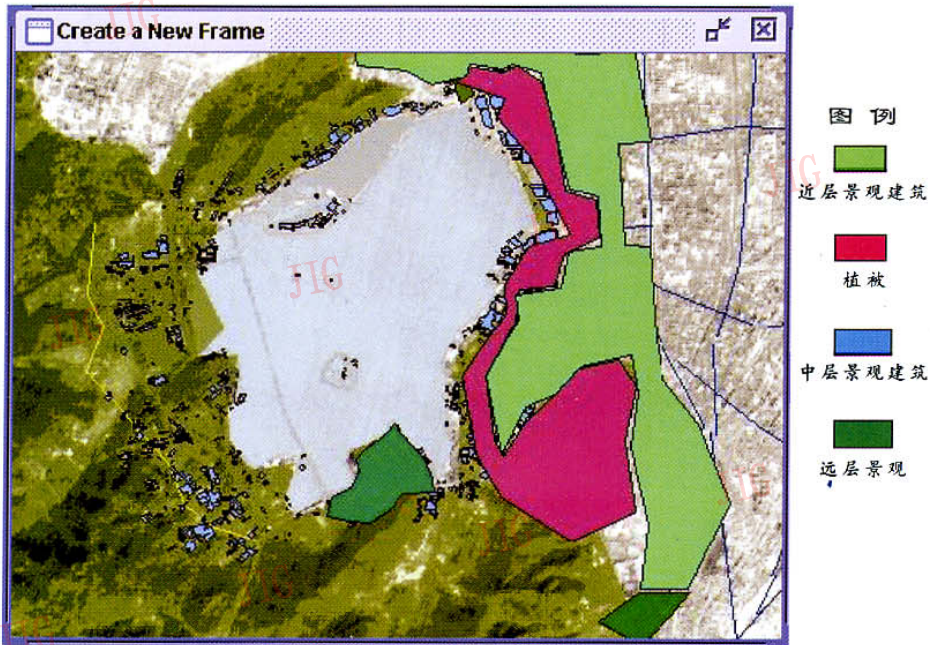


图1 杭州西湖生态区景观数据
Fig.1 Landscape data of zoology area of Westlake of Hangzhou