

# 基于 ArcEngine 的白水苹果信息管理系统设计与实现

毛晓利<sup>1</sup>, 刘智勇<sup>2</sup>, 毛 洋<sup>3</sup>, 周 平<sup>4</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100;  
3. 西安电子科技大学, 陕西 西安 710126; 4. 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

**摘 要:**结合组件式地理信息系统(GIS)开发技术,基于 Visual Studio 2008(C# 语言)开发平台,以 ArcEngine9.3 组件为开发工具,并在 ArcCatalog 中建立用于存储系统所需的空间和属性数据的 Personal Geodatabase 数据库,采用嵌入式集成方式,开发出基于 GIS 的白水苹果信息管理系统。该系统不仅能够对白水苹果信息资源进行查询、统计分析、生成相关报表等,还能进行病虫害防治分析及对未来产量进行预测,实现了对白水苹果资源高效、科学、准确的管理,为相关部门提供科学的决策依据。

**关键词:**苹果;GIS;ArcEngine;信息管理系统

**中图分类号:**S661.139      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2012)02-0203-06

## Design and Implementation of Apple Information Management System Based on ArcEngine in Baishui County

MAO Xiao-li<sup>1</sup>, LIU Zhi-yong<sup>2</sup>, MAO Yang<sup>3</sup>, ZHOU Ping<sup>4</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Xidian University, Xian, Shaanxi 710126, China; 4. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract:** According to the ComGIS development technology, the information management system for apple production in Baishui County, Shaanxi Province, China was developed based on Visual Studio 2008 development platform and ArcEngine9.3 component was constructed. The spatial data and attribute data were stored in the Personal Geodatabase (in ArcCatalog). This system could be used not only to query, statistically analyze the apple production information and resources in Baishui, and generate the related statements, but also to predict the future apple outputs and control pests. This system will help the related departments to manage the apple information and resources more efficiently and accurately.

**Key words:** apple; GIS; ArcEngine; information management system

白水处于关中平原与陕北高原的过渡地带,属于大陆性季风气候,光照充足,降雨适中,日温差较大,土层深厚,具有苹果生产最优越的自然资源条件,被誉为“苹果之乡”,同时也是国家命名的苹果20强县之一<sup>[1-2]</sup>。白水苹果已经成为白水的主要经济支柱之一,目前各种基于微观的病虫害防治和林分管理技术已经得到了充分利用和推广,但是基于宏观的资源调查、统计和分析尚未实现计算机

化和科学化,没有一个有效的管理系统来管理白水的苹果信息数据及果园数据。本研究充分采用GIS技术,通过ESRI公司推出的ArcEngine开发工具,在Visual Studio 2008集成开发环境下建立白水苹果资源管理软件系统,用于管理白水苹果资源数据,包括白水每一块苹果园的位置、权属、面积、品种、投入、产出、病虫害防治、历史变迁等,并分别以农户、行政村、行政乡和整个县为单位对苹果资源

的全方面进行统计和比较,自动输出各种统计报表和专题图件,为相关决策部门提供准确详实的图文资料,为白水苹果产业助力。

# 1 ArcEngine 简介

ArcEngine 是 ESRI 公司推出的组件式 GIS 二次开发工具<sup>[3]</sup>。ArcEngine 作为一个用户建立自定义独立地理信息系统应用程序的平台,不但提供了强大的空间分析功能,并将其空间分析功能嵌入到新开发的应用软件中,也支持多种应用程序接口(API),允许开发者精力集中到解决他们的应用程序中的业务逻辑中,而不必从头开始建立 GIS 功能集<sup>[4]</sup>。ArcEngine 的开发人员允许使用许多道具、事件和方法,丰富的 GIS 软件空间分析组件集合以及可视化控件集(提供丰富的三维显示和三维分析功能)。ArcEngine 对象仓库提供基础服务、数据访问、地图显示、地图分析及开发控件,并支持广泛的空间数据格式和强大的符号库系统。ArcEngine 支持多种开发语言(如.NET、Java 和 C++),它允许使用大范围的工具对这些对象进行编程,无需开发人员去学习一门新的或者专门的语言,所有的用户开发控件都可以像 ActiveX 控件、NET 视窗控件和 Visual JavaBeans 一样的使用。

# 2 系统总体设计

## 2.1 系统设计需求分析

白水苹果管理信息系统要求能满足不同地理位置苹果属性及产量、病虫害状况、水肥管理等具有空间地理信息管理的要求,同时具有强大的空间分

析功能。主要目标有以下 4 点。(1)规划方面:充分结合 GIS 技术对白水苹果规划的资料进行科学有效的管理,提高资料查询检索速度并保证准确性。(2)销售方面:根据苹果面积、品种、树龄等指标精准预测某一年份的苹果产量,为白水苹果销售提供科学的预测数据。(3)管理方面:可以为各个果农提供准确、直观的数据,使白水苹果管理实现现代化,通过互联网向社会提供无偿或有偿的信息服务。(4)辅助决策方面:及时提供白水苹果生长、管理以及病虫害防治、销售等方面的信息,支持政府的科学决策。

## 2.2 系统总体架构

系统采用 C/S(客户机/服务器)3 层结构,分为数据层、应用层和服务层(图 1)。数据层主要存储白水苹果相关的属性数据和空间数据以及用于软件管理的用户数据等。服务层主要是依靠系统的数据库和模型库为白水苹果信息管理和分析提供方法支持。应用层是在数据层和服务层的支持下,通过人机交互界面进行相关的处理与分析。

## 2.3 系统数据库设计

2.3.1 数据字典的设计 数据字典主要包括数据的名称、定义、数据类型、逻辑长度、关系、属性、数据说明等,是关于数据集要素值、数据集描述及数据产品等字典形式的文件集,即数据字典中存储的是关于数据的数据(元数据)。数据字典作为管理数据的基础,不仅仅只作为数据结构的描述文档,还能描述更为详细的数据内容。本系统采用的数据字典基本信息包括:数据项名称、字段类型、字段长度、小数位数、是否为空、备注说明及代码索引号等。

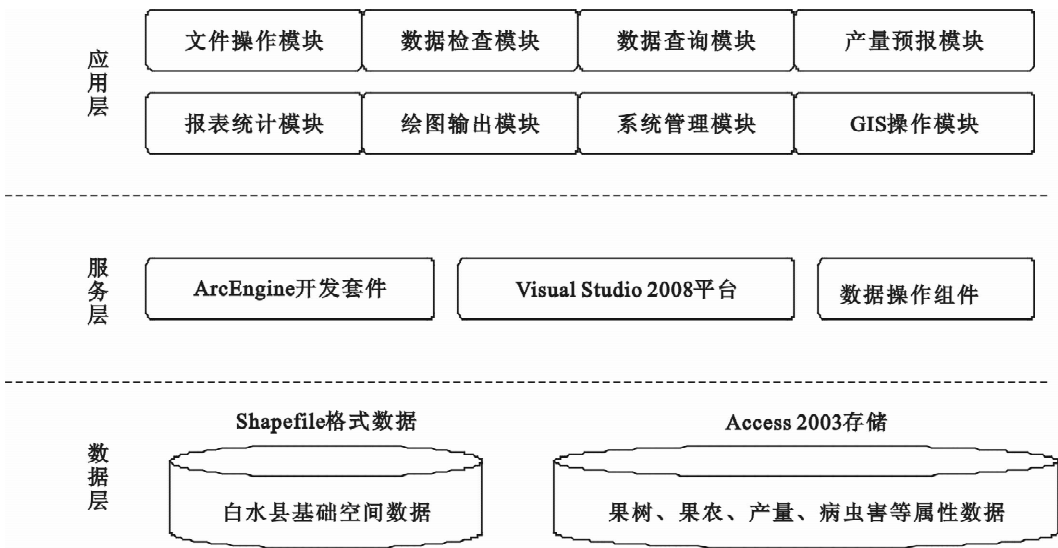


图 1 系统总体架构图

Fig. 1 Overall framework of the system

2.3.2 数据库的设计 根据研究区域数据的特点,在 ArcCatalog 中新建 Personal Geodatabase 文件用于数据管理,数据库主要有空间数据和属性数据两部分组成,并遵循可靠性、可扩展性、可维护性等原则<sup>[5-6]</sup>。属性数据表主要包括果园基本数据表、果树类型表、果农表、病虫害类型表以及与空间图形数据关联的属性表。空间数据 (Featureclass) 主要为白

水县行政区划图、道路交通图、果园斑块图及河流湖泊图等(图 2)。为避免数据的冗余和冲突,将与图形关联的属性数据存储到空间数据表中,并将空间数据统一集中在 ArcMap 中,保存为 mxd 文件,便于 ArcEngine 控件读入,而系统相关的属性数据以数据表的形式存储到 Personal Geodatabase 中,即不再单独创建属性数据库。

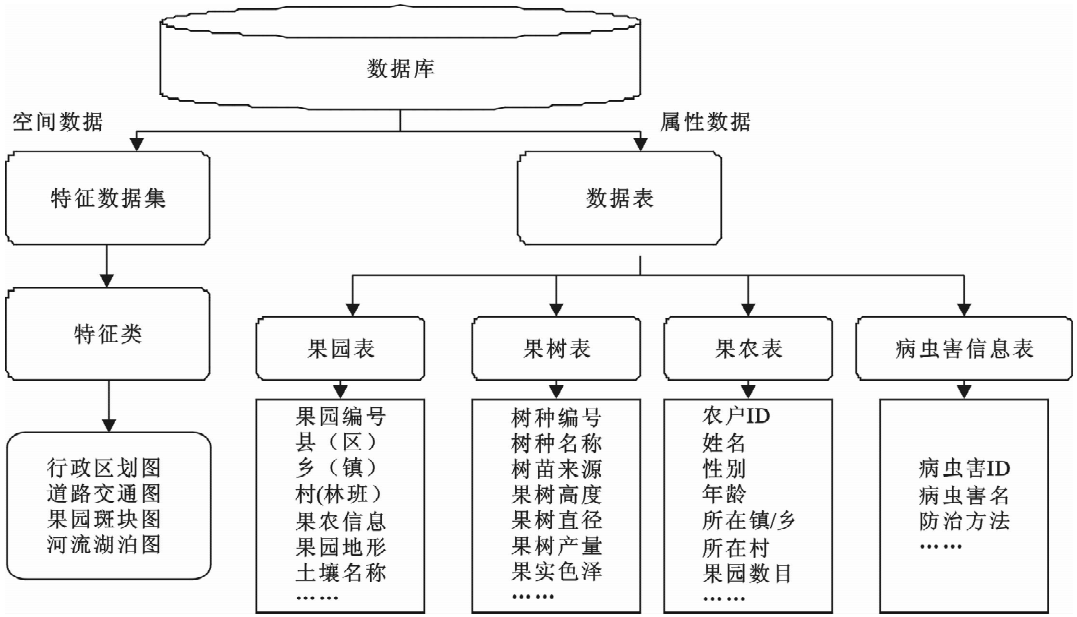


图 2 数据库设计图

Fig. 2 Design of database

2.4 系统结构图设计

根据系统设计的目标和原则,并充分考虑到系统的完整性和功能性,系统主要由文件操作模块、数据检查模块、数据查询模块、产量预测模块、报表统计图模块、制图输出模块、系统管理模块及 GIS 操作模块构成(图 3)。

2.5 系统功能模块设计

2.5.1 GIS 常规操作模块 模块用以实现常规的 GIS 软件操作功能,可对地图进行放大、缩小、漫游、固定放大、固定缩小、向后定位、向前定位、全图显示等操作并查找所需的内容。需求不同对地图所要求的信息详细程度也就不同,用户可按任意比例尺来显示查看地图。地图测量工具可使用户通过鼠标操作实现点位置、线长度、多边形周长与面积的测量。

2.5.2 文件操作模块 该模块主要实现工程文件 mxd 文件的加载、编辑、保存和调用,并能进行图层管理,即向当前的 mxd 文件从地理数据库中添加新图层、移出已有图层、分组管理图层,设置图层是否可选以及图例管理等操作。用户每次打开地图进行操作需要把当前地图的比例、图层的显示顺序、可视性以及渲染属性设置都将保存下来,该模块“打开最近文档”子菜单能够调用系统配置 INI 文件存储的

用户最近打开过的 mxd 文件供用户选择打开。该模块同时也提供专题图制作和打印输出功能。

2.5.3 数据检查模块 为保证数据的完整性、一致性和准确性,该模块实现对加载的白水县苹果信息进行数据检查,这些检查包括:空值检查、值范围检查、唯一性检查、一致性检查、面积检查、锐角检查、重叠检查及自相交检查等,并将检查的结果保存为文档输出。

2.5.4 数据查询模块 根据业务需要,用户可以根据指定的方式进行查询。如按图层查询:根据用户所选的图层(包括区县图、乡镇图、村图及果园图),遍历图层中的所有字段,再通过所选的字段进行查询,并在图中高亮显示出来。实现空间查询:让用户可以通过点选查询、矩形查询、圆形查询、多变形查询等空间范围方式查询数据,同时提供综合查询工具,该工具是利用对象之间的关联实现图层查询以及 SQL 属性查询,达到直观显示空间信息的位置、属性信息的效果。通过选择属性表某一行或多行记录,可以使其对应空间信息高亮显示。在进行有选择条件属性查询时,可以用 SQL 语句进行条件查询,得到自己所要的结果并显示。

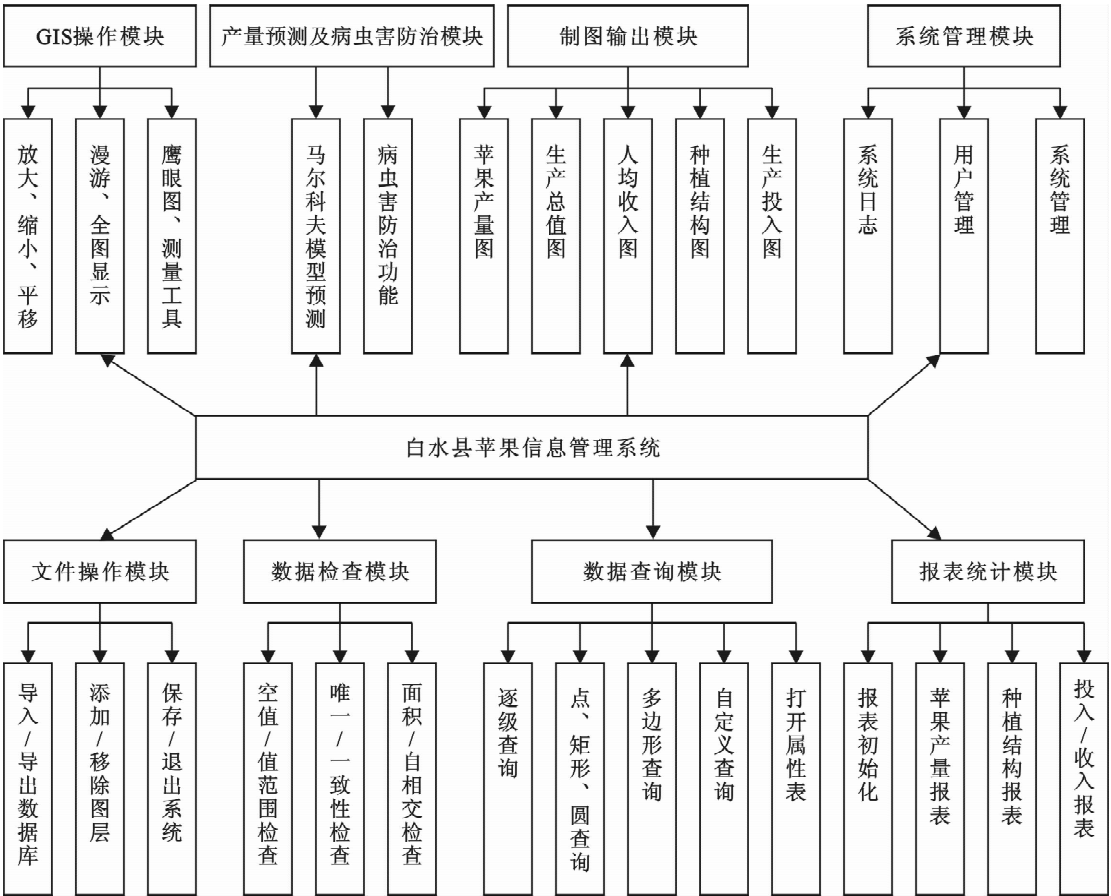


图 3 系统功能结构设计

Fig. 3 Design of function and structure of the system

2.5.5 报表统计模块 该模块实现由系统调用 Visual Studio 2008 报表控件和相关内部函数,在 SQL 命令和苹果信息数据库的支持下,实现了苹果信息相关情况进行统计,形成报表上报,如苹果产量、种植结构、生产投入、生产总值、人均收入等报表。

2.5.6 制图输出模块 该模块能将统计得到的苹果产量、种植结构、生产投入、生产总值、人均收入等数据以图表(包括直方图、饼图、柱状图、散点图及折线图)的形式输出并保存到本地。

2.5.7 系统管理模块 系统管理功能主要包括系统代码管理、数据上报、文件上传、文档资料下载等。用户管理工具让当前登录用户实现自身密码的修改,在本系统中用户主要有管理员用户和一般用户 2 个角色,管理员用户不仅可以对数据内容进行浏览、管理,还可以对系统所有用户成员进行添加、修改、删除等管理操作。一般用户只能对系统数据进行浏览,不能进行修改和维护。

2.5.8 产量预测及病虫害防治模块

2.5.8.1 苹果产量预测功能 苹果产量的形成是一个非常复杂的生物学和生态学过程,主要影响因素有树种、树形、施肥模式、灌溉条件、气候条件、管

理措施等<sup>[7]</sup>。传统对苹果产量预测的方法主要是灰色 GM(1,1)模型,该模型具有所需数据少、计算简单等特点,因此被广泛使用,但由于苹果产量的时间数据序列经常表现一定的趋势性和波动性,该模型对随机波动较大的数据序列拟合效果较差,预测精度较低,其预测的数据总是稳定的上升趋势,但实际的情况经常并非如此。BP 神经网络模型是近年来比较流行的一种预测模型,一些学者<sup>[8]</sup>的研究成果表明,该模型具有网络结构简单、使用方便、较好的容忍噪声能力等优点,但该模型一般包含大量的自由参数,容易过度训练,对数据的预测精度较差。苏哲斌<sup>[9]</sup>根据灰色 GM(1,1)预测模型<sup>[10-12]</sup>和马尔科夫链<sup>[13-16]</sup>2 种方法的优点(前者可以主要用来揭示出预测数据序列的发展变化总体趋势,后者用来确定状态的转移规律),将两者有机的结合起来,形成了灰色马尔科夫预测模型,该模型提高了随机波动较大数据的预测精度,且该研究表明此模型能较好的对陕西省苹果产量进行预测。此外,该模型已经成功应用于社会经济系统中许多领域<sup>[17-18]</sup>。

本系统根据苏哲斌<sup>[9]</sup>和邵静<sup>[19]</sup>等人的研究,采用陕西省白水近 5 a(2005—2009 年)的苹果产量数据,先利用灰色 GM(1,1)预测模型获得苹果产量

发展的趋势和预测值,再利用基于随机过程理论的马尔科夫链寻求系统的微观波动的规律,进而对灰色 GM(1,1)模型预测的结果值进行修正,该方法减小了预测值与实际值之间的相对误差,提高了苹果产量预测的精度。本系统将该模型运算公式及运算过程写入代码中,提供可视化的马尔科夫预测工具来实现对白水縣苹果产量进行预测。

2.5.8.2 病虫害防治功能 系统根据存储在数据库中的病虫害基本信息表数据(包括病虫害名称、果树的发病位置、发病周期及阶段、适合病虫害发生的地理环境、防治方法、预防手段及时间等),分别实现针对治疗服务的查询功能、病虫害评估功能、病虫害影响区域预测功能。

针对防治服务的查询功能。用户可以根据病虫害的名称,发病时间及位置(如果实、枝干、树根等),发病症状等信息对病虫害的治疗及防治措施进行查询,查询结果为文字信息或者图片介绍,用户可与实际情况进行对比和判断。查询的形式包括点击地图查询,用户手动选择诸如病虫害名称、发病时间及位置等信息进行查询,以及对症状或病虫害形态特征的模糊查询。

病虫害评估功能。该功能可以根据实际的病虫害状况生成各种专题图,主要包括生成病虫害分布

图和各果园因病虫害造成的产量损失分级图,从中可以看出影响产量的主要病虫害及果园产量的损失程度,为用户和相关部门提供决策支持。

病虫害影响区域预测功能。根据病虫害的发展速度及影响范围,利用缓存区分析工具进行半径查询,查询结果将直观展示病虫害将要影响到的果园,便于这些果园提前做好预防措施。

### 3 系统的实现与集成

GIS 组件式开发具有无缝集成、投资低、效率高、开发周期短、可扩展性强等优点,已经得到了广泛的应用。系统采用 Visual Studio 2008 作为集成开发环境(基于 Net Framework 3.0 框架),以 ArcEngine 9.3 组件模型为开发工具进行开发,数据库采用 ArcGIS 提供的 Personal Geodatabase 数据库模型,并通过 ActiveX 数据对象(ADO. Net)访问底层数据,采用动态函数库(DLL)的方式实现数据传递和表现。系统运行如图 4 所示,系统界面的上方为菜单栏和 GIS 工具操作栏,系统界面的左边窗口为数据组织窗口(TOC),通过它可以控制空间数据与属性数据的显示与关闭,右边窗口为地图显示主窗口,主要用于空间数据的显示与编辑。

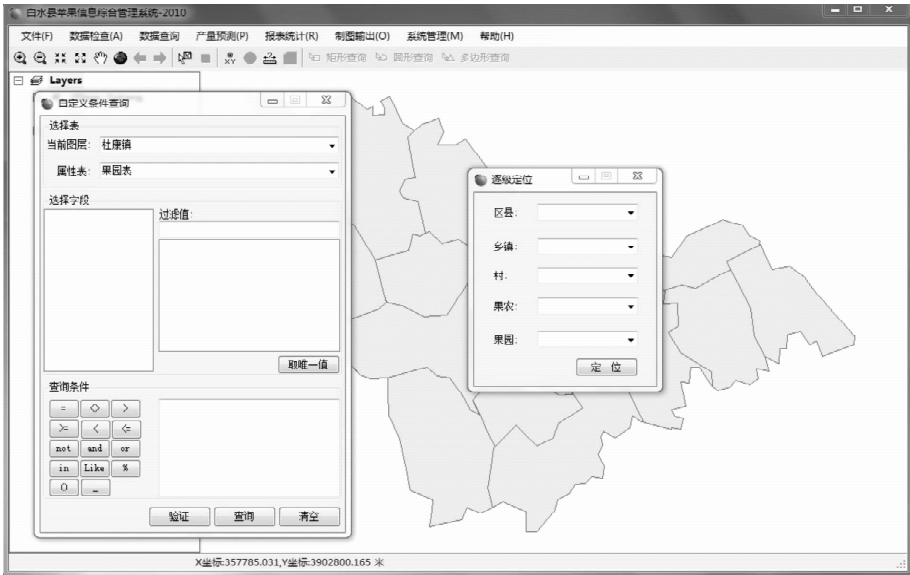


图 4 系统运行界面及部分对话框窗口

Fig. 4 Running interface of the system

### 4 结论

基于 GIS 技术,将 ArcEngine 控件和可视化的开发工具结合,可快速的实现组件重用,提高了编程效率,利用 Personal Geodatabase 实现高效地管理空间数据和属性数据。白水縣苹果信息管理系统将

白水縣的苹果资源落实到每一块地,能够快捷的查询、预测、统计和分析白水縣苹果信息资源并生成相关报表,便于管理与决策人员对相关信息全面的了解和掌握。该系统实现了白水縣苹果资源管理的数字化和准确化,可为相关部门提供科学的决策依据。

参考文献：

- [1] 高华, 赵政阳, 梁俊, 等. 陕西苹果品种发展历史、现状及育种进展[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(1): 130-133.  
GAO H, ZHAO Z Y, LIANG J, WANG L, *et al.* Advances in the researches of apple breeding and development in Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(1): 130-133. (in Chinese)
- [2] 张雪阳, 朱海霞, 张会新. 陕西苹果产业发展现状与发展思路[J]. 西北大学学报:哲学社会科学版, 2005, 35(1): 36-41.  
ZHANG X Y, ZHU H X, ZHANG H X. Present situation and developing thought of apple industry in Shaanxi [J]. Journal of Northwest University: Philosophy and Social Sciences Edition, 2005, 35(1): 36-41. (in Chinese)
- [3] 韩鹏, 王泉, 王鹏, 等. 地理信息系统开发—ArcEngine 方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2008.
- [4] 朱政. ArcGIS Engine 的开发与部署[M]. 北京: ESR I 中国(北京)有限公司, 2004.
- [5] 张佐帮, 尚颖娟. 基于 ArcSDE 的空间数据组织和管理[J]. 农业网络信息, 2007(9):58-60.  
ZHANG Z B, SHANG Y J. The organization and management of spatial data [J]. Agriculture Network Information, 2007(9):58-60. (in Chinese)
- [6] 滕永昌. Oracle 10g 数据库系统原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [7] 姚聪, 王俊. 中国苹果产量预测模型比较分析[J]. 果树学报, 2007, 24(5): 682-684.  
YAO C, WANG J. A comparative study on forecast models of apple output in China [J]. Journal of Fruit Science, 2007, 24(5): 682-684. (in Chinese)
- [8] 侯丽薇, 孙立城, 穆维松. 苹果产量的神经网络预测模型[J]. 中国农业大学学报:社会科学版, 2001, 42(1): 51-53.  
HOU L W, SUN L C, MU W S. A neural network forecasting model of the apple yield [J]. Journal of China Agricultural University: Social Sciences Edition, 2001, 42(1): 51-53. (in Chinese)
- [9] 苏哲斌. 灰色马尔柯夫模型在陕西省苹果产量预测中的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2009, 37(7): 135-139.  
SU Z B. Application of grey Markov model on the prediction of apple yield in Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Sciences Edition, 2009, 37(7): 135-139. (in Chinese)
- [10] 李志俊, 范斐斐, 陈绵云, 等. 灰色最小二乘马尔可夫链预测算法[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版, 2008, 30(1): 59-62.  
LI Z J, FAN F F, CHEN M Y, *et al.* Grey-least square Method-Markov chain algorithm for forecasting [J]. Journal of Wuhan University of Technology: Information & Management Engineering, 2008,30(1):59-62. (in Chinese)
- [11] 林晓言, 陈有孝. 基于灰色-马尔可夫链改进方法的铁路货运量预测研究[J]. 铁道学报, 2005,27(3):15-19.  
LIN X Y, CHEN Y X. Study on railway freight volume forecast by the Gray-Markov Chain method [J]. Journal of the China Railway Society, 2005, 27(3): 15-19. (in Chinese)
- [12] 程伟, 刘国璧. 灰色系统理论在粮食产量预测中的应用[J]. 北京电子科技学院学报, 2008, 16(2): 62-64.  
CHENG W, LIU G B. Application of the gray system in grain yield prediction [J]. Journal of Beijing Electronic Science and Technology Institute, 2008, 16(2): 62-64. (in Chinese)
- [13] 贺福利, 胡勇, 陈淳. 用灰色马尔柯夫链预测模型对我国粮食产量的预测[J]. 数学的实践与认识, 2003, 33(12): 45-47.  
HE F L, HU Y, CHEN C. Forecast of grain output in China with grey Markov forecasting model [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2003, 33(12): 45-47. (in Chinese)
- [14] 刘安, 赵姝, 张燕平. 基于灰色—马尔可夫模型的粮食产量预测[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(6): 191-193.  
LIU A, ZHAO S, ZHANG Y P. Yield forecast based on Grey- Markov model [J]. Computer Technology and Development, 2007, 17(6): 191-193. (in Chinese)
- [15] 吴春霞, 何勇, 蔡建平. 组合预测方法及其在粮食产量预测中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18(1): 17-19.  
WU C X, HE Y, CAI J P. Combined forecasting model and its application in grain yield forecasting [J]. System Sciences and Somprehensive Studies in Agriculture, 2002, 18(1): 17-19. (in Chinese)
- [16] 盖春英, 裴玉龙. 公路货运量灰色模型—马尔可夫链预测方法研究[J]. 中国公路学报, 2003, 16(3): 113-116.  
GAI C Y, PEI Y L. Study of the GM (1,1)-Markov Chain model on highway freight forecast [J]. China Journal of Highway and Transport, 2003, 16(3): 113-116. (in Chinese)
- [17] 南都国, 吴溪涌. 作物产量灰色马尔柯夫链预测模型[J]. 中国农业气象, 1997, 18(1): 44-48.  
NAN D G, WU X Y. Grey Markov forecasting model of crop yield [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 1997, 18(1): 44-48. (in Chinese)
- [18] 王艳玲. 基于灰色马尔可夫链的农民平均收入实证研究[J]. 河南师范大学学报:自然科学版, 2008, 36(1): 16-18.  
WANG Y L. Empirical study on per capita annual net income of rural resident s based on grey Markov model [J]. Journal of Henan Normal University: Natural Science Edition, 2008, 36(1): 16-18. (in Chinese)
- [19] 邵静, 王利超, 刘新平. 灰色马尔科夫模型及其应用[J]. 纺织高校基础科学学报, 2009, 22(3): 370-374.  
SHAO J, WANG L C, LIU X P. The gray Markov prediction model and its application [J]. Basic Sciences Journal of Textile Universities, 2009, 22(3): 370-374. (in Chinese)