

基于组件式 GIS 的管道输水灌溉系统规划设计软件研制

周明耀^{1,2}, 冯小忠³, 夏继红²

(1. 河海大学水资源环境学院, 南京 210098; 2. 扬州大学水利科学与工程学院, 扬州 225009; 3. 江苏省水利厅, 南京 210029)

摘要: 应用组件地理信息系统(ComGIS)、CAD 及数据库等软件开发工具, 开发的管道输水灌溉系统规划设计软件, 可以实现管道系统优化布置、系统设计流量推算、管径优化设计、工程投资概算和经济效益分析等多种功能。系统能够提供图形、文本、表格等多种形式的成果输出, 人机交互界面友好, 操作方便。系统保证了规划设计方案的合理性, 大大减少人工劳动, 提高了工作效率。该软件已在江苏省节水农业示范区管道输水灌溉工程的规划设计中推广应用, 并取得了良好的技术经济效果。

关键词: 管道输水工程; 组件式 GIS; 树状管网; 规划技术; 软件设计

中图分类号: S274.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2006)04-0208-04

周明耀, 冯小忠, 夏继红. 基于组件式 GIS 的管道输水灌溉系统规划设计软件研制[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 208-211.

Zhou Mingyao, Feng Xiaozhong, Xia Jihong. Design for software system of pipe irrigation planning based on ComGIS[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(4): 208-211. (in Chinese with English abstract)

0 引言

到目前为止, 中国已开发完成中小型水电站机组造型 CAD、渠道断面 CAD、引水闸 CAD 等。能够应用 C 语言、AutoLisp 语言和 AutoCAD 等开发工具实现部分水工建筑物的计算、校核、绘图自动化和方案的比较优选功能^[1]。但是由于水电资源开发条件、水利水电工程设计要素、工程技术经济指标和设计者技术水平与经验等各项因素的复杂性, 以及对设计成果的规范化和最优化要求, 使得水利水电工程 CAD 技术开发应用难度较大^[2]。尤其是灌溉排水工程计算机辅助规划设计系统更为少见, 研究进展缓慢, 不能满足生产实际日益增加的需要。图论方法在交通路线选择、通讯网络规划方案优化等方面已有不少成功的应用。张丰周、石继等人^[3]将图论应用于广义简约梯度法优化的过程中, 使输入简便, 计算简化, 并用于解决管网的水力平衡计算问题, 既充分发挥了图论的优势, 又可将管网附件加入计算, 使结果更准确、更符合实际, 为灌溉排水工程计算机辅助规划设计系统开发提供了很好的技术支持。近年来, 随着地理信息系统(GIS)技术日益广泛的应用, 特别是组件地理信息系统(ComGIS)强大的空间数据组织能力和数据分析功能, 将系统优化模型同规划区域的地形、作物等规划要素密切结合, 能够使规划设计成果方案更具实际意义和应用价值^[4-8]。本文以图论和线性规划方法为基础, 建立的管道输水灌溉管网优化模型, 可以从管道布置和管径两方面同时进行优化, 使优化设计更全面、更完善。以图论为基础的灌溉管网优化模型与 ComGIS 具有很好的内在联系, 便于空间数据的组织, 模型简单实用, 结构清晰, 操作性强。

1 系统总体设计

1.1 系统开发目标及组成

应用当今流行的组件地理信息系统(ComGIS)、CAD 系统及数据库等软件开发工具, 根据节水灌溉工程技术规范, 开发低压管道输水灌溉管网计算机辅助设计软件系统。该系统可以实现作物需水量计算、系统设计流量推算、管道水力计算、工程投资概算、经济效益分析等功能, 建立了常用的数据库(管材、管

件、水泵和电机等)并对其进行管理和维护, 可以实现包括管道布置、管径优化、管材选择等多种参数选择在内的多种方案比较、优选。系统能提供图形、文本、表格等多种形式的成果输出, 人机交互界面友好, 操作方便。使用该系统可保证规划设计方案的合理性, 大大地减少人工劳动, 提高了工作效率。根据规划流程, 软件从功能上主要分为 4 大模块, 分别是数据输入及基本数据处理模块、数据库模块、管道布置及其优化模块及数据输出模块。

数据输入及基本数据模块: 主要进行图形数据(地形图或 AutoCAD 图形)、规划设计数据(如作物需水量计算参数、取水口规格设定)等参数的输入。数据库模块: 数据库管理和维护, 如管材、水泵、电机数据库等。管道布置及其优化模块: 通过地图窗口进行管道布置和优化管径。数据输出模块: 负责规划数据输出, 如规划图、设备估算、概算表、经济效益分析等, 提供图形、表格、文本等多种输出方式。图 1 为程序总体设计框图。

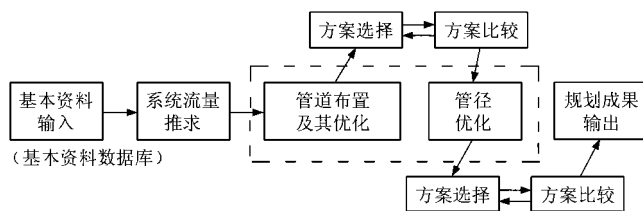


图 1 软件总体设计框图

Fig. 1 Software overall design

1.2 基本资料的准备

管道输水灌溉工程规划设计, 需要收集灌区的自然条件、生产条件和社会经济等方面的基本资料。自然条件资料包括地形资料、土壤资料、作物资料、水源资料、气候资料; 生产条件资料包括水利工程现状、生产现状、动力和机械设备等; 社会经济资料包括灌区的行政区划、经济条件、交通情况等, 基本资料以数据库形式保存, 以便调用。

1.3 数据库管理与维护

此功能模块提供常用的数据库如水泵、电机、管道、管道附件等, 能实现数据的添加、删除以及修改等功能。

1.4 灌溉管道规划布置

灌溉输水管道规划布置在系统的地图窗口内实现, 能够实现管道、给水栓、泵站等规划要素的布置。由于本软件采用的 GIS 软件为 MapX, 故应采用 MapX 的拓扑关系, MapX 采用称作“空间实体+空间索引”的拓扑关系, 模型空间实体是地理实

收稿日期: 2004-11-21 修订日期: 2006-03-15

基金项目: 水利部水利科技开发基金项目(KJ97053); 江苏省水利科技重点项目(SK99036)

作者简介: 周明耀(1958-), 男, 江苏阜宁人, 教授, 主要从事农业水土资源高效利用理论与技术研究。江苏扬州大学水利科学与工程学院, 225009。Email: myzhou@yzu.edu.cn

体的抽象, 主要包括点、线、面 3 种类型, 每个空间实体对象都维护着自己的所有属性。故图层的框架和组织必须按照 MapX 的图层组织。图 2、图 3 分别为本程序中 MapX 图层组织及程序中各种 Feature 的图层关系及位置。管道布置规划可以按以下步骤来实现:

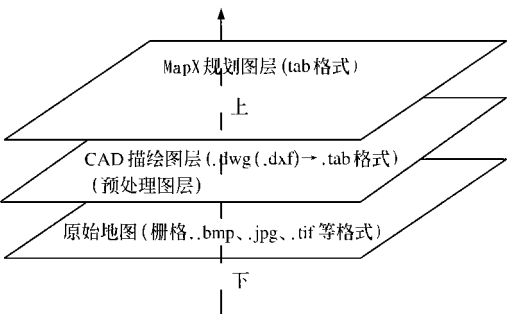


图 2 MapX 图层组织
Fig. 2 Layer structure of MapX

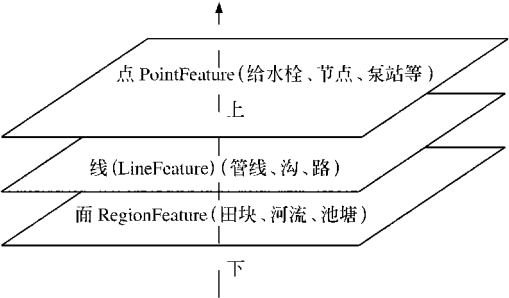


图 3 程序中 Feature 的图层关系及位置
Fig. 3 Layer relation and position of Feature in the procedur

根据 MapX 图层组织形式以及 MapX 的功能, 能实现在实际地形图上规划布置, 可以在程序中规划沟、路、渠、管道及给水栓和泵站等。为了便于组织和控制, 一般都要单独设层控制, 如将所有管道规划 (PipeFeature) 置于新建层。

1) MapX 图层的导入

从 AutoCAD 格式 (.dwg, .dxf) 导入到 MapX 能识别的图层一般可按以下方法进行:

①通过 Mapinfo 的“通过转换器”(Universal Translator)工具, 将 .dwg 或 .dxf 格式的文件转换成 Mapinfo 和 MapX 能识别的 .mif 或 .tab 文件。

②将 .tab 或 .mif 文件导入 MapX 内, 可以在程序内通过在 Geoset 内添加层来实现, 如 [Layer=] OBJECT. Add (LayerInfo, [Position])//LayerInfo, 为层文件的路径和格式, [Position] 为可选项, 以确定该层在整修图层中的位置。在图层较多时, 为减少麻烦, 也可用 MapX 的“Geoset Manager”工具, 直接将文件转成 MapX 能识别的图层, 并对图层的某些属性直接进行设置。当然还可以采用图中的“add”按钮, 将由经 Mapinfo Professional 处理过的栅格图 (原始的地图) 导入到地图中来。

③坐标系选择和绘图单位的设定。坐标选择和绘图单位的设定事关绘图精度、程序中计算数据的精度以及出图精度等, 要注意根据规划范围的大小选用恰当的坐标系, 以及地图单位和图纸单位。一般规划可选择自定义的平面直角坐标系, 以 m 为地图单位。

2) 管道系统布置

灌溉管道系统布置通常有 2 种方式。①先在 AutoCAD 图形上直接布置确定沟、路、渠、管道等规划要素, 然后导入程序中的

MapX 窗口, 这种方法工作量大, 需要做好划布置, 通过 MapX 工具布置管道、泵站、路、沟等, 便于方案的产生, 但是精度稍低。②在布置之前对所规划的点、线、面的样式进行设置。在以 MapX 开发的地图窗口上进行规划主要采用 miArrowTool、miPanTool、miCenterTool、miZoomInTool、miZoomOutTool、miSymbolTool、miTextTool、miSelectTool、miAddLineTool、miAddPolylineTools、miAddRegionTools、miAddPointTool 等工具。通过这些工具的应用, 可以进行地图的放大、缩小、平移、添加点、线、面及其修改等功能, 从而实现管道系统的规划布置。本系统选用的是第二种方法。

地理数据的空间分析主要是通过 Feature 选择、查询以及对数据库的操作实现的, 通过空间分析可确定各个的空间位置关系 (相交、包含、不交), 以用于管道系统布置优化。通过主要应用 MapX 函数 Find、Search, MapX 内部的函数实现, 程序可以在地图上查询某个 Feature, 其返回值为查找的 Feature。

1.5 灌溉管网管径优化

在管道布置后, 依据灌区的实际情况, 由生成的管道信息及其地理信息, 因地制宜地选定集中轮灌或分组轮灌的管道工作制度。轮灌组划分应注意: 各轮灌组的流量 (或控制的灌溉面积) 应基本相等; 每一轮灌组管道的总输水能力, 要与上一级管道供给的流量相适应, 同一轮灌组的管道要比较集中, 以便管理, 并减少管道输水的长度和输水流量及水量损失; 照顾农业生产条件和群众用水习惯, 尽量把一个生产单位的管道划在同一轮灌组内, 便于调配劳力和组织灌水。管道优化具体程序设计流程图如图 4。

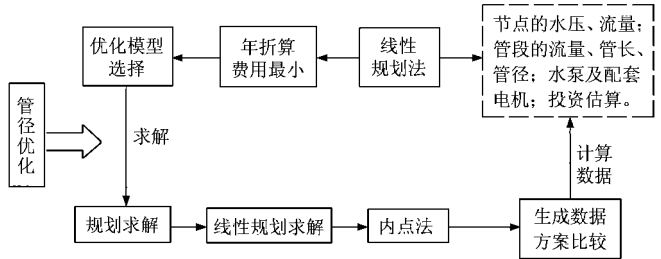


图 4 管径优化模块设计框图
Fig. 4 Design structure of optimized module of pipe diameter

1.6 方案比较和规划数据的输出

在通过管道规划布置地图窗口进行了多种方案的规划布置, 快速生成方案后, 系统进行方案比较, 形成交互优化成果。最终通过技术经济比较, 选择较优的方案, 并生成规划成果数据。主要的经济指标有: 工程总投资、工程年运行费用、还本年限、单位面积经济指标等。方案生成的技术数据有各级管道的管长, 流量、管径, 水头损失, 电机和水泵型号, 设备投资, 规划设计图等。规划数据成果输出框图见图 5, 图 6 为管道规划布置地图窗口, 图 7 为方案 (1) 管道布置图。

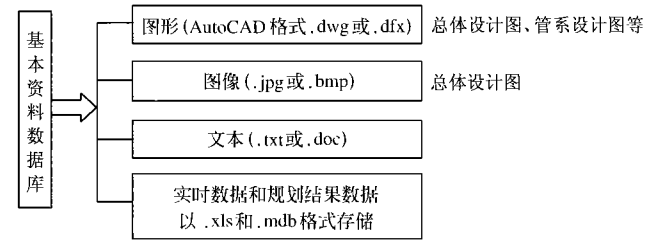


图 5 数据输出模块框图
Fig. 5 Data output module

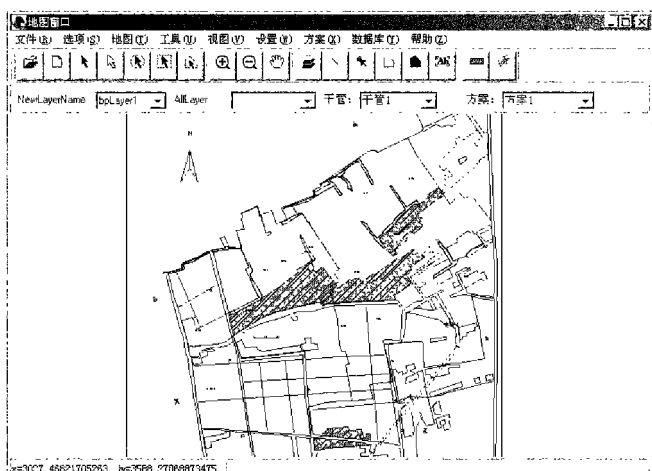


图6 管道规划布置地图窗口

Fig. 6 Map window of pipe programming

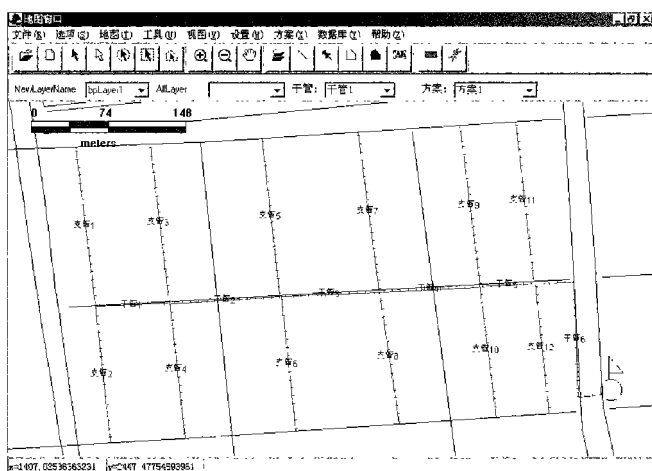


图7 方案(1)管道布置图

Fig. 7 Pipe layout of scheme one

1.7 软件开发工具

1) 软件开发平台采用 Delphi. Delphi 5.0 采用面向对象的程序设置、组件化的编程方式、快速 Pascal 编译器、OLE 自动化、ActiveX 编程、数据库及 Internet/Intranet 编程支持与视窗操作系统紧密地结合,同时兼备 VisualC++ 的强大功能和 VisualBasic 灵活易学的特点,适应于多种数据库结构。从客户机/服务器模式到多层数据库结构模式,高效率的数据库管理系统、更先进的数据库引擎和最新的数据分析手段,可以为用户提供大量的企业组件。

2) GIS 软件采用 MapX. GIS 软件采用组件式地理信息系统 MapX, MapX 结构小巧,开发快捷,无须专门 GIS 开发语言,直接嵌入 MIS 开发工具,具有强大空间数据分析和组织能力。

3) CAD 软件采用 AutoCAD. AutoCAD 2002 版本提供了 Active X AutoCAD Automation 编程技术, Active X Automation 是面向对象的编程接口,它使用了 OLE 的 Automation 技术,使 AutoCAD 成为一个其他 Windows 应用程序可以操纵的对象,用户可以访问 AutoCAD 所有图形对象和非图形对象,尤其是能访问这些对象的方法和属性,而且能跨越语言的障碍,可以使用多种 Windows XP 编程语言如 VB、VC++、Delphi 等进行二次开发,而 Delphi 语言的丰富的数据类型,友好的用户界面,强大的开发功能成为 AutoCAD 2002 理想的快速开发工具。

4) 数据库系统。数据库系统采用 Access. Access 具有一个典型的的关系型数据库系统所具有的一切特征,可用来创建应用程序。Jet 数据库引擎提供了对 Access 的支持,而且 DAO (Data Access Object) 访问方法为访问 Jet 数据库作了优化,能够通过 ADO (ActiveX Data Object) 进行访问,对管网系统规划设计数据量比较小的事务非常实用。

5) Automation 技术。Automation (早期称作 OLE Automation) 是一种 COM (组件对象模型) 协议,它定义了一个应用程序如何访问另一个应用程序或者 DLL (动态链接库) 中的对象,它是应用程序或动态链接库表可编程对象给其他程序使用的手段。Automation 最大优势是它的语言无关性。一个 Automation 控制器可以操纵用任何一种语言编写的 Automation 服务器。Active X Automation 技术是 OLE 自动化技术的扩充和发展,它适用于 OLE 对象与 Active X 对象。Automation 中的应用程序对象是最高层次的对象,其它对象由它按照一定层次派生出来。Automation 服务器与客户之间的数据传送一般使用 Variant 类型进行传递。在本计算机辅助设计系统设计中,不同程序之间的相互调用都采用 Active X Automation 技术,如应用 Delphi 调用 AutoCAD 绘图、应用 Delphi 将数据传到 Excel 表等。

2 实例

实例选用某节水农业示范项目区内的小型提水灌溉系统,采用低压管道输水灌溉工程技术,总面积 13.33 hm²。地面高程 5.0 m 左右,地势平坦,土质为砂壤土,种植制度为稻麦两季。水源为灌区傍侧的河道,并使用原有能够满足灌溉要求的提水泵站,河道日常水位在 3.0 m 左右。项目区提供有 1/2000 的地形图。

方案1: 方案1										
方案	管段编号	规格	长度 (m)	控制面积 (亩)	流量 (m³/h)	标准管径 (mm)	内径 (mm)	单价 (元/m)	接头费 (元)	总价 (元)
方案1	支管7	PR104-90	150.95	22.309	22.309	90	84	25.76	2.3102	3668.475
方案1	支管8	PR104-75	129.03	18.871	18.871	75	70	21.58	3.5037	2764.414
方案1	支管9	PR104-75	150.75	18.581	19.581	75	70	21.58	3.2986	3253.12
方案1	支管10	PR104-63	127.61	12.454	12.454	63	59	14.76	3.7698	1854.878
方案1	支管11	PR104-63	150.47	11.951	11.951	59	59	14.35	4.1146	2159.273
方案1	支管12	PR104-90	123.77	9.494	9.494	50	45	12.96	6.7316	1604.018
干管:										
方案	管段编号	规格	长度 (m)	流量 (m³/h)	标准管径 (mm)	内径 (mm)	单价 (元/m)	接头费 (元)	总价 (元)	
方案1	干管1	PR104-90	60.562	26.122	90	84	25.76	1.40754	1791.91	+
方案1	干管2	PR104-140	103.638	98.782	140	132	65.9	1.01942	4746.41	
方案1	干管3	PR104-150	93.648	54.875	150	150	65.64	0.96294	6272.8	
方案1	干管4	PR104-200	92.954	173.125	200	188	113.71	0.626903	10563.8	
方案1	干管5	PR104-250	54.463	164.306	250	235	155.85	0.211158	6408.11	
方案1	干管6	PR104-250	181.648	144.762	250	235	155.85	1.076977	28127.8	
方案1: 方案1										
管	号	流量 (m³/h)	流量 (L/s)	步程 (m)	配置规格	功率 (kw)	商家价格 (元)			
退出										

图8 方案1部分计算成果表界面

Fig. 8 Partial results of scheme one

在地图窗口内布置二级灌溉管道系统,对提交的最终方案进行经济效益分析,得到该灌溉系统的投资还本年限为 5.73a,效益费用比 1.33,内部回收 14.62%,亩均固定管道长度 12.02 m,亩均工程投资 687.41 元,亩均固定管道投资 559.73 元,设计方案 1 部分成果见图 8。实例证明,应用基于 GIS 的树状低压管道输水灌溉计算机辅助设计系统,通过人机交互的方式,能够在用户提供灌区基本信息的前提下,按照低压管道输水灌溉工程规划设计规范的技术要求,逐步完成规划设计,快速生成规划设计方案,得出的规划数据准确、成果可靠。该系统界面友好、操作简便,具有较高的实用性和推广价值。

3 结论与讨论

1) 应用 Delphi、MapX、AutoCAD 等软件开发工具和 Access 数据库,进行输水灌溉管网计算机辅助设计系统软件开发,可以为系统提供了友好的人机交互界面,实行作物需水量计算、灌溉

制度拟定,并在图论以及线性规划方法的支持下,做到管道布置和管径设计的联合优化,使设计更全面、更完善。系统同时可以提供常用数据库(作物类型、管材、水泵和电机等)的管理和维护。

2) 在 ComGIS 平台上进行灌溉管网计算机辅助设计系统的开发工作,还只是刚刚开始,有许多问题需要进一步深入系统的研究。如在 GIS 环境支持下,将图论技术应用于管道输水灌溉工程管道系统优化布置时,如遇到复杂地形,目前仍需通过人机交互,依据人工介入加以调整,尚未能做到用计算机实现全自动化布置功能。需要进一步充分利用 MapX 的特性和方法,发挥其强大的地理信息分析功能,完善其优化布置功能模块。

3) 本系统尚需进一步添加知识库、模型库、方法库、推理机和解释器等要素,以进行完善。开发低压管道输水灌溉管网规划设计的专家系统和决策支持系统,将是今后的努力方向。

[参 考 文 献]

[1] 刘迎春,严寒冰.基于 Mapinfo 的 GIS 应用系统开发技术[J].计算

机系统应用,2001,(1):46-48.

- [2] 刑福生. CAD 在水利水电工程设计工作中应用[J]. 水利水电技术, 1998, 29(7): 58-59.
- [3] 石继,张丰周,魏永曜.图论用于供水管网水力计算的研究[J]. 水利学报, 1999, (2): 49-55.
- [4] 王艳慧,曹红杰,张学庄. Mapinfo 与 VB 数据共享的实现[J]. 地矿测绘, 2001, (2): 12-13.
- [5] Saud A. tahir, JHOHN W. Labdle, Member ASCE. Optional design of water-distribution network with GIS[J]. Journal of Water Resources Planung and Management, July/August 1996: 301-311.
- [6] 顾世祥,李远华,崔永来,等.灌溉管理应用软件的研究现状及前景[J]. 灌溉排水, 1999, 18(1): 61-64.
- [7] 周明耀,蔡勇,顾鹤鸣.农田水分管理决策支持系统研究[J]. 扬州大学学报(自然科学版), 2000, 3(4): 44-48.
- [8] 周明耀,冯小忠,余长洪.树状低压输水灌溉管网线性规划优化模型及其求解[J]. 水利与建筑工程学报, 2005, 3(1): 1-4.

Design for software system of pipe irrigation planning based on GIS

Zhou Mingyao^{1,2}, Feng Xiaozhong³, Xia Jihong²

(1. College of Water Resource and Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. College of Hydrogen Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

3. Jiangsu Water Department, Nanjing 210029, China)

Abstract: The software system of pipe irrigation planning based on ComGIS, CAD and database was developed, which realize pipes layout (automatic layout and manual operation) and its optimization, the calculation of water flow, pipe diameter optimization, investment budgetary estimate and economic beneficial analysis. The software system provides many kinds of result output such as graph, text, table and so on. The software can greatly reduce the manual labor and improve the efficiency of the project design. This system has been applied to low-pressure pipe planning of water saving agriculture demonstration districts in Jiangsu Province and the planning results are accurate and reliable.

Key words: low-pressure pipe irrigation; ComGIS (Component Geographic Information System); tree pipe network; optimization technique; software design