

基于智能图像处理技术的变电站GIS平台设计

在变电站中的GIS平台设计过程中, 需要根据图像监控结果对各种电力设备进行GIS定位。利用传统的图像处理算法进行GIS平台设计, 需要将变电站中的GIS图像与数据库中的特征GIS图像进行逐一对比。一旦变电站GIS图像数量巨大, 将会造成匹配耗时增加, 识别准确率降低。提出基于智能图像处理技术的变电站GIS平台设计方法。针对变电站GIS中的定位图像, 利用二值分割方法进行分割, 利用拉普拉斯卷积方法进行锐化处理, 完成GIS图像的预处理; 利用Gabor小波变换方法进行纹理特征提取, 将处理结果进行矩阵变换处理, 获得与特征GIS图像的特征点空间位置一致的图像, 完成变电站GIS中各种图像的准确识别。实验结果表明, 这种算法能够提高GIS图像识别的准确率, 完成变电站GIS平台的设计。

陈 静/1. 义乌工商职业技术学院 2. 中国电子科技集团公司第38研究所



陈 静/讲师

关键词/Keywords

智能图像识别 ·
变电站GIS ·
纹理特征 ·
矩阵变换 ·

随着电力行业的快速发展, 在变电站中的电力系统中引入GIS技术, 构建变电站GIS平台已经成为当前电力电气领域的一个重要研究方向^[1], 对于电力系统的发展具有重要的意义^[2]。地理信息分布图是变电站GIS平台的重要部分, 其功能是反映变电站供电线路及设施在现实世界中的具体分布情况和连接关系^[3], 它是地理环境图像与电力设施图像的综合叠加。其中, 地理环境图像主要是利用测绘单位或者城建规划部门提供的电子地图^[4]; 电力设施图像主要是供电单位内部构建的供电线路及供电设施的图像资料。变电站GIS平台的设计, 对于真实表达供电线路及设施之间的连接关系^[5], 以及提高电力系统的拓扑分析的效率都具有巨大的应用价值。因此, 变电站GIS平台的设计方法已经成为当前电力系统的一个热门课题^[6]。目前, 主要的变电站GIS平台设计方法主要包括基

于CAD的变电站GIS平台设计方法^[7]、基于矢量地图的变电站GIS平台设计方法和基于GRID技术的变电站GIS平台设计方法。其中, 最常用的是基于矢量地图的变电站GIS平台设计方法。由于变电站GIS平台设计方法具有广阔应用前景, 因此发展空间十分巨大, 并成为很多学者研究的重点课题。

变电站GIS平台电力设计原理

变电站供电网络具有结构复杂、供电设施种类多、供电地域广泛和供电线路切换频繁等特点, 利用普通的数据管理平台难以对供电系统进行有效管理, 而利用变电站GIS平台则能够有效进行管理。这是由于GIS平台中提供不同比例尺的电子地图作为参考, 使得被管理的供电设施和线路有现实世界的空间属性。由于供电设施的固有属性, 能直观显示供电线路和设施之间的连接和位置关系。因此, 利用GIS平台能够对变电站内的供电设施进行有效管理。

矢量地图能够通过矢量数据的形式表达地理要素的图像位置和颜色数据。在变电站GIS平台的设计中, 矢量地图主要的功能是为供电网络提供地理空间参考, 同时也为供电线路分布名称的查询定位、兴趣点定位和路径分析等功能提供数据支持。借助矢量地图, 用户能够对供电现场进行准确定位, 采集电网资源的位置信息, 在系统中回执电网资源图像。

1. 变电站GIS的应用框架设计

基于矢量地图的变电站GIS平台的

应用框架由地理空间数据管理平台、地理信息服务、终端应用、具体应用架构和供电资源图像管理等这5部分构成。地理空间数据管理平台中的数据主要有矢量地图、导航地图和切片地图，矢量地图和导航地图存储在数据库中，切片图像存储在临时文件中，地图信息服务以API和AP2这两种方式发布地理信息数据和电力设备图像数据，具体应用结构移动终端通过调用变电站GIS地理信息服务提供地图数据展示和分析应用功能。电力网络资源图像管理主要用于维护电力系统中图像的地理信息、属性信息和拓扑关系，是变电站GIS平台支撑的基础。

2. 变电站GIS的物理框架设计

支撑变电站GIS平台的服务器包括中控机、地图服务器和应用服务器这3种。按照应用的功能划分，客户端分为具体应用架构、电网资源图像管理和移动终端。变电站GIS平台的应用物理架构如图1所示。

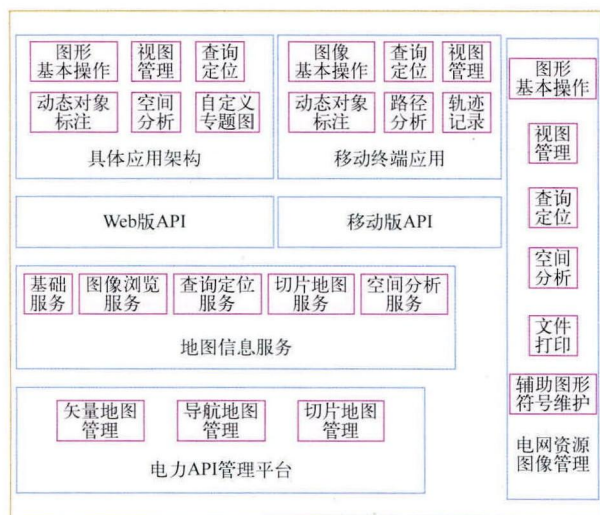


图1 变电站GIS平台应用架构

将中控机矢量地图的原始数据写入到数据库中，进行初步处理，并通过储存介质将地理图像数据和切片图像储存在地图服务器中；应用服务器发布地理信息服务。具体应用架构客户端通过浏览器运行B/S应用，供电资源图像管理客户端运行C/S地图维护应用，移动终端通过无线信号运行变电站GIS应用。

基于智能图像处理的GIS平台设计优化

1. 变电站GIS图像的预处理

地理信息图像、电力设施图像等变电站GIS图像是GIS平台中最重要的可视化信息，也是进行地理图像和供电设施图像识别的关键部分，它不随光照等外界的变化而变化，是物体的固有属性信息。在变电站GIS平台中，经常会存在着不同的地理图像、供电设备图像和供电线路图像重叠在一起的情况，对变电站GIS中图像特征进行准确分割能够提高GIS平台的准确性。利用二值分割方法能够完成变电站GIS平台中的图像分割，具体方法如下所述。

设置图像中点 (x, y) 处的像素灰度值为 $f(x, y)$ ，则需要分割的图像计算公式为

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq \theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

式中， θ 为灰度阈值。为了提高变电站GIS图像中的识别度，需要对其边缘特性进行锐化处理，利用拉普拉斯卷积方法能够进行锐化，图像锐化的公式为

$$\frac{1}{9} \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ -2 & 19 & -2 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

变电站GIS图像中经过二值分割、锐化处理，为下一步的操作提供了准确依据。

2. 变电站GIS图像的纹理特征提取

纹理特征能够反映变电站GIS图像中的局部结构化特征属性。变电站GIS图像是由纹理基元和基元的排列构成的，文中使用的是Gabor小波变换的方法进行变电站GIS图像纹理特征提取，具体方法如下所述。

二维Gabor小波的基函数能够描述为

$$\Psi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right) + 2\pi j w x \right] \quad (3)$$

式中， $\Psi(x, y)$ 为利用复数正弦函数处理的Gaussian函数； σ_x 为Gabor小波基函数在x轴方向的方差， σ_y 为y轴方向的方差； w 为Gabor小波基函数的中心频率。Gabor小波基函数以 $(w, 0)$ 为中心构成一个带通滤波器。对其进行尺度变换形成

Gabor小波族

$$\begin{aligned} \Psi_{mn}(x,y) &= a^{-m}\Psi(x'y') \\ a > 1 \quad m,n \in Z \end{aligned} \tag{4}$$

其中

$$\begin{cases} x' = a^{-m}(x \cos \theta + y \sin \theta) \\ y' = a^{-m}(y \cos \theta - x \sin \theta) \end{cases} \tag{5}$$

式中， $\theta = n\pi/k$ ， k 是方向系数； a^{-m} 为尺度变换因子。将变电站GIS图像 $I(x,y)$ 输入到Gabor滤波器中，Gabor小波对其进行卷积处理能够获得多个方向和尺度的子带。设置变电站GIS图像 $I(x,y)$ 的大小为 $M \times N$ ，则经Gabor卷积处理后获得图像能够用下述公式进行描述

$$i_{mn}(x,y) = I(x,y) \times \Psi_{mn}(x,y) \tag{6}$$

根据上述公式能够计算变电站GIS图像的均值 μ_{mn} 和标准方差 σ_{mn} ，并将其作为变电站GIS图像的纹理特征

$$\mu_{mn} = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N |i_{mn}(x,y)|}{M \times N} \tag{7}$$

$$\sigma_{mn} = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (|i_{mn}(x,y)| - \mu_{mn})^2}{M \times N}} \tag{8}$$

在变电站GIS平台设计的过程中，卷积处理后的方向取值为5，变换尺度为4。因此，变电站GIS中图像的特征向量能够描述为

$$f(\mu_{00}, \sigma_{00}, \mu_{01}, \sigma_{01}, \dots, \mu_{45}, \sigma_{45}) \tag{9}$$

根据上面阐述的方法，使用Gabor小波变换的方法对变电站GIS图像进行纹理特征提取，为变电站GIS图像的准确识别提供了依据。

3. 变电站GIS图像的准确识别

设置变电站GIS图像的特征维数为 p ，变电站GIS图像中的所有特征构成的向量为 $y = (y_1, y_2, \dots, y_p)^T$ ，其中 $\bar{y} = F[y]$ ，变电站GIS图像中特征点构成的矩阵为 $S_y = F[yy^T]$ ，均值方差构成的矩阵为 $D_y = G[(y - \bar{y})(y - \bar{y})^T]$ 。利用下述公式能够对变电站GIS图像的特征向量进行矩阵变换

$$z = V^T y = (v_1, v_2, \dots, v_p)^T y = \begin{pmatrix} v_1^T \\ v_2^T \\ \vdots \\ v_p^T \end{pmatrix} y \tag{10}$$

式中， $z_j = v_j^T y$ ， $j = 1, 2, \dots, p$ 。利用下述公式能够计算变电站GIS特征分量 y 的值

$$y = (V^T)^{-1} z = V_z Z = V^T y = (V^T)^{-1} z = V_z \tag{11}$$

利用下述公式能够对变电站GIS图像中特征分量 y 进行矩阵变换

$$\hat{y} = \sum_{j=1}^n z_j v_j - \sum_{j=n+1}^p c_j v_j \tag{12}$$

利用下述公式能够计算变电站GIS图像识别过程中的误差

$$\begin{aligned} \varphi^2(n) &= F[(y - \hat{y})^T (y - \hat{y})] \\ &= \sum_{j=n+1}^p F[(z_j - c_j)^2] \end{aligned} \tag{13}$$

根据上面阐述的方法，对变电站GIS图像的纹理特征进行矩阵变换处理，获得与特征变电站GIS图像的特征点空间位置一致的图像，完成变电站GIS平台中各种图像的准确识别。

实验结果及分析

1. 实验流程

为了验证改进算法的有效性，需要进行一次实验。实验中采用的变电站GIS图像来自于辽宁省华能电网的变电站GIS数据库。其中包括了各类地理信息分布图像和电力设施图像，在该数据库中选取100种地理信息分布地图和电力设施各500幅图像，在实验的过程中，随机选取地理信息分布图像和电力设施图像各100幅作为实验对象。实验环境为Intel Pentium (R) Dual-core CPU T4300 2.1GHz，3G DDR3内存。操作系统为Windows 7。利用仿真软件Matlab 7.1构建实验环境，利用传统算法与改进算法进行对比实验。改进算法的实验流程如图2所示。

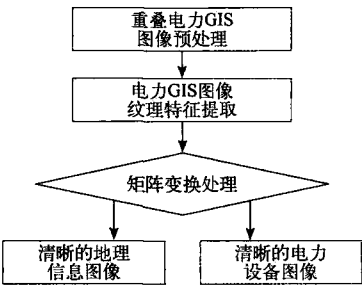


图2 改进算法实验流程

2. 实验结果对比

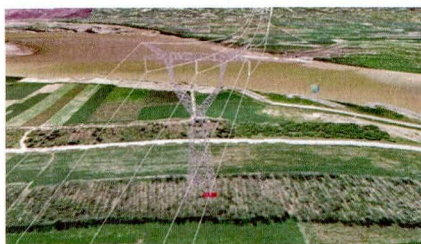
在实验的过程中，利用改进算法对变电站GIS图像进行识别，获取的实验结果如图3所示。



(a) 变电站GIS原始图像



(b) 传统算法识别结果



(c) 改进算法识别结果

图3 对比结果分析

从上述原始的变电站GIS图像中能够看出，电力设施的像素灰度和背景图像的像素灰度差距较小，像素特征不明显。利用传统算法进行变电站GIS图像识别，在特征提取的过程中，电力设施图像的特征发生了部分丢失，这是由于传统算法主要依赖像素灰度的梯度信息进行特征比对，在面对重叠图像时难以进行像素特征的区分，因此会发生特征丢失。而改进算法首先利用二值分割方法和拉普拉斯卷积方法进行GIS图像的预处理，利用Gabor小波变换方法进行纹理特征提取最终获得与特征GIS图像的特征点空间位置一致的图像，完成变电站GIS中电力设备图像的准确识别。

通过对上述多张GIS图像进行识别，得到的准确率识别结果如下表所示。

表 实验对比统计结果

方法	地理信息图像	电力设施图像
传统方法识别率 (%)	87	68
改进方法识别率 (%)	98	95

根据上表实验结果能够得知，改进算法在变电站GIS图像识别方面有着明显的优势，与传统算法相比，识别率有着大幅提高。

结束语

针对传统的变电站GIS平台设计方法在设计的过程中，无法对发生重叠的图像进行准确识别的缺陷，提出一种基于智能图像处理技术的变电站GIS平台设计方法。利用二值分割方法和拉普拉斯卷积方法对变电站GIS图像进行锐化处理，利用Gabor小波变换方法对变电站GIS图像进行纹理特征提取，将处理结果进行矩阵变换处理，完成变电站GIS平台中各种图像的准确识别。实验结果表明，改进算法能够提高变电站GIS图像识别的准确率，设计出准确的变电站GIS平台，效果令人满意。

参考文献

[1] 吕德奎. 聚合算法在电力GIS中的应用[J]. 电力信息化, 2012, 10 (5) : 37-40.

[2] 钟一俊, 周明磊, 戚伟强. 矢量地图在浙江电力GIS中的应用研究[J]. 电力信息化, 2012, 10 (7) : 28-31.

[3] 魏芩梅, 杨艳军. 电力GIS组合电器故障分析与对策[J]. 中小企业管理与科技, 2013, (1) : 299-300.

[4] 杨润, 樊永涛, 陈雅芳, 等. 城市电力GIS系统多源空间数据库体系设计与集成应用探讨[J]. 科技创业, 2013, 26 (5) : 176-177.

[5] 王勇. 地理信息系统在配电网管理中的应用[J]. 科技资讯, 2013, (5) : 23-23.

[6] 李付永. 基于GIS的电力系统管理信息系统的框架结构[J]. 信息系统工程, 2013, (6) : 61-61.

[7] 冯熔. 浅析电力GIS设备的安装技术与调试方法[J]. 建材发展导向, 2013, 11 (11) : 177-178.

(收稿日期: 2014-09-02) EA