

空间数据挖掘在电力系统中的应用探讨

王金凤, 杨丽徙, 陈根永

(郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 空间数据挖掘,就是在空间数据库中抽取隐含的知识、空间关系或非显式的存储在空间数据库中的有意义的特征或模式的过程。电力系统运行管理、规划设计包含大量的空间信息,空间数据挖掘为处理这些海量数据提供了一个有力的工具。论述了空间数据挖掘的定义、特性、结构、方法等内容以及从空间数据库中可以发现的主要知识类型,并根据电力系统的特点,对空间数据挖掘在电力系统运行和管理中的应用进行探讨,以期能为电力系统的经济运行、合理决策提供一个新的选择途径。

关键词: 空间数据挖掘; 辅助决策; 电力系统

中图分类号: TM76; TP311.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)18-0079-04

0 引言

数字地球概念的提出使得 3S(遥感 RS、全球定位系统 GPS、地理信息系统 GIS)技术迅速发展,并在国民经济建设各个领域得到日益广泛和深入应用。如何处理由此而产生的大量空间数据成为研究的首要问题,空间数据挖掘(Spatial Data Mining, SDM)技术应运而生。空间数据挖掘,也称基于空间数据库的数据挖掘和知识发现(Knowledge Discovery in Spatial Databases, KDSD),是数据挖掘(Data Mining, DM)的一个新的分支,是指从空间数据库中抽取隐含的知识、空间关系或非显式的存储在空间数据库中的有意义的特征或模式的过程^[1]。与常规的事务型数据挖掘相比较,空间数据挖掘的发现状态空间理论增加了空间尺度维(scale),使其对于导航、交通控制、环境研究、规划管理、电力系统以及其它使用空间数据的领域有着重要的意义,也正在逐步地被这些领域中的人们所认识和接受。

随着电力系统自动化和数字化程度的提高,数据采集和监控系统(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)、管理信息系统(Management Information System, MIS)和电力地理信息系统(Power Geographic Information System)的建成和一体化,将为电力系统的运行和管理提供大量的实时的空间数据和属性数据,也为空间数据挖掘在电力系统中的应用提出了要求并奠定了基础。通过对电力系统中的空间数据的特征描述、空间区分、空间关联、空间聚类和分类等空间数据挖掘处理,可以为电

力系统的运行与管理提供一个崭新的辅助决策途径。

1 空间数据挖掘基础

空间数据是指同占有一定空间的对象相关联的数据。空间对象由空间数据类型及其空间关系所定义。空间数据库中存储的海量数据包括对象的空间拓扑特征、非空间属性特征以及对象在时间上的状态变化。海量的空间数据为空间分析、空间数据挖掘和知识发现带来了机遇和挑战。

1.1 空间数据的特性

由于空间属性的存在,空间个体不仅具有了空间位置和距离的概念,而且还包含了邻近个体之间的相邻、相连、包含、共生等更为复杂的空间关系。空间数据具有如下复杂性特征:海量的数据、空间属性之间的非线性关系、空间信息的模糊性、空间的高维数性、空间数据的不完整性等。因此,空间数据的复杂性特征已成为空间数据挖掘和知识发现研究中首要解决的任务。

1.2 空间数据挖掘的体系结构

空间数据挖掘技术可用于理解空间数据、发现空间与非空间数据间的关系、构建空间知识库、优化查询、重组空间数据库和获取简明的总体特征等。空间数据挖掘的体系结构大致可以划分为三层结构,如图1所示^[2]。用户界面层主要用于输入/输出接口,挖掘器层用来对数据进行处理、选择挖掘算法以及存储挖掘到的知识,数据源层主要是空间数据(仓库)以及其他相关的数据和知识库,是空间数据挖掘的原始数据。

1.3 空间数据挖掘的方法

空间数据挖掘是计算机技术、数据库应用技术

基金项目:河南省科技攻关项目(0324250075)

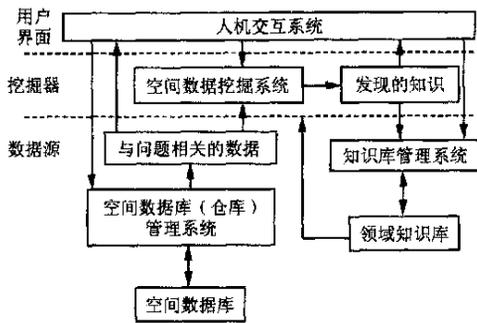


图1 空间数据挖掘的体系结构

Fig. 1 Structure of spatial data mining

和管理决策支持技术等发展到一定阶段、多学科交叉的新兴边缘学科,汇集了来自机器学习、模式识别、数据库、统计学、人工智能以及管理信息系统等各学科的成果^[3,4]。根据不同的理论,提出了不同的空间数据挖掘方法,如统计方法、证据理论、归纳规则、关联规则、聚类分析、空间分析、模糊集、云理论、粗集、神经网络、决策树及基于超图理论和基于信息熵的空间数据挖掘技术等,详见文献[1,3~9]。

2 空间数据挖掘在电力系统中的应用

数字化电力系统的发展,以及管理信息系统、调度自动化系统、地理信息系统、配电自动化系统等在电力系统中的应用,使得电力系统数据库中空间数据的数量急剧增长。“数据丰富,但信息贫乏”。如何有效地对这些海量的空间数据进行存储、提取、归纳、应用,空间数据挖掘技术提供了一个新的手段。

2.1 从空间数据库可发现的主要知识类型

空间数据库中存储的海量数据包括对象的空间拓扑特征、非空间属性特征以及对象在时间上的状态变化。空间数据库中可发现的主要知识类型^[10]有:

1) 普遍的几何知识:是指某类目标的数量、大小、形态特征及其统计学特征等的普遍的几何特征。例如负荷的地理坐标、负荷与变电站之间的距离,某供电范围内负荷的最大值、最小值、平均值等。

2) 空间分布规则:是指目标在地理空间的分布规律,分成在垂直向、水平向以及垂直向和水平向的联合分布规律。如负荷沿地理高程分布规律,不同区域负荷的分布差异等;垂直向和水平向的联合分布即不同的区域中地物沿高程分布规律。

3) 空间关联规则:是指空间目标间相邻、相连、共生、包含等空间关联规则。例如负荷与输电线相连,道路与变电站的相邻、供电区与负荷的包含关系

以及水电站与水库的共生关系。

4) 空间聚类规则:是指特征相近的空间目标聚类成上一级类的规则,例如,将距离很近的散布的居民点聚类成居民区。

5) 空间特征规则:是指某类或几类空间目标的几何的和属性的普遍特征,即对共性的描述。

6) 空间区分规则:指两类或多类目标间几何的或属性的不同特征,即可以区分不同类目标的特征。

7) 空间演变规则:是指空间目标依时间的变化规则,即哪些地区易变,哪些地区不易变,哪些目标易变及怎么变,哪些目标固定不变。例如城市用地的性质随着城市的发展可能会发生变化,原来的发展用地可能会变成经济开发区、商业用地等。

2.2 电力系统运行与管理中的空间数据挖掘

对电力系统而言,很多情况下都需要决策运行人员快速地分析、诊断、做出及时的正确反应^[11]。特别是在电力市场条件下,重要决策的正确与否对电力企业的发展具有不可估量的意义。将现实工作中的电网运行数据、负荷位置分布数据和实时变化数据等多目标多层次的信息(包含图形)合为一体,利用特殊的空间技术将其综合处理,可以实现如设备跟踪、故障定位、模拟停电、损失评价及最优调度等高级功能^[12]。

根据空间数据库中挖掘到的知识,空间数据挖掘在电力系统中可以有以下几方面的应用:

1) 空间负荷预测

负荷发展和变化的情况比较复杂,用传统的负荷预测方法得到的结果,在负荷的大小和地理分布上都存在着较大的偏差。空间负荷预测理论(spatial load forecasting theory)就是在未来电力部门的供电范围内,根据规划城市的电网电压水平不同将城市用地按照一定的原则划分为相应大小的规则的(网格)或不规则的小区,通过分析、预测规划年城市小区土地利用的特征和发展规律,来进一步预测相应小区中电力用户和负荷分布的位置、数量和产生的时间。其中分析、预测规划年城市小区土地利用的特征和发展规律就要用到相当多的空间数据,如利用普遍的几何知识、空间演变规则就可以得到小区的地理位置、土壤性质、地质情况、防洪信息、交通情况等;利用空间分布规则、空间聚类规则、空间特征规则、空间区分规则就可以得到同类及不同类负荷的分布。

2) 电源选址

发电厂或变电所选址是电力系统规划工作中的一个重要环节,在电网规划中起承上启下的作用。它是在负荷预测的基础上进行的,其结果又直接影响着未来电力系统的网络结构、供电质量和运行经济性。空间挖掘技术利用其普遍的几何知识、空间分布规则、空间关联规则、空间演变规则等可以方便地得到选址工作涉及的负荷分布、现有电网状况、线路走廊、所址地形地质、防洪、防污、与城乡建设发展规划相一致等诸多因素,为电源选址提供了良好的数据环境。

3) 线路勘探定位和网架优化

电网是联系电源和用户的枢纽,线路走径的勘探和定位是电网建设的前提。线路的走径与变电站选址相似之处,也涉及到负荷分布、地形地质、防洪、防污、与城乡建设发展规划相一致等诸多因素(可以利用空间数据挖掘出的普遍的几何知识、空间分布规则、空间关联规则、空间演变规则等得到);网架优化涉及到馈线段建设时间、建设地点和线径等的最优选择,以满足负荷增长的需求,同时服从馈线容量、电压降落、网络结构、可靠性等约束。因此同样是一个规模庞大、涉及到许多空间信息的组合优化问题。

4) 设备跟踪和故障定位

设备跟踪和故障定位是管理系统的重要组成部分,在数据库中对电力线路、线路设备、开关、变电站等图形对象的相互关系进行描述,生成各图元间的拓扑关系。当线路中某一点发生异常(异常数据来源于 SCADA)时,利用空间数据挖掘到的普遍的几何知识、空间关联规则,系统可以根据图元间的拓扑关系进行跟踪搜寻和故障定位^[12],并且分析故障停电的范围,排出可能的故障点顺序。根据维修队伍的当前位置,给出到达故障地点的最佳调度路径,迅速、准确地找到并隔离故障点,恢复供电。

5) 业务营运和负荷侧管理

在用电管理系统中可以使用 AM/ FM/ GIS(自动绘图/设备管理/地理信息系统),利用空间数据挖掘到的普遍的几何知识(如地理编码)按街道门牌编号为序,对大中小用户进行业扩报装、查表收费、负荷管理等业务营运工作;还可以根据变压器、线路的实际负荷以及用户的地理位置和负荷可控情况,制定各种负荷控制方案,实现对负荷调峰、错峰和填谷等负荷侧管理的任务^[13]。

3 结束语

本文介绍了空间数据挖掘的基本知识并探讨了它在电力系统中的应用前景。由于空间数据挖掘是一门新兴技术,其应用也在逐步探讨之中,希望本文能为电力系统的经济运行、合理决策提供一个新的选择途径。

参考文献:

- [1] 孙连英,彭苏萍,张德政(SUN Lian-ying, PENG Su-ping, ZHANG De-zheng). 基于超图模型的空间数据挖掘(Spatial Data Mining Based on Hypergraph Model)[J]. 计算机工程与应用(Computer Engineering and Application),2002,(11):30-32.
- [2] 周海燕,王家耀,吴升(ZHOU Hai-yan, WANG Jia-yao, WU Sheng). 空间数据挖掘技术及其应用(Spatial Data Mining and Its Application)[J]. 测绘通报(Mapping Bulletin),2002,(2):11-13.
- [3] 李德仁,王树良,李德毅,等(LI De-ren, WANG Shu-liang, LI De-yi, et al). 论空间数据挖掘和知识发现的理论与方法(Theory and Technologies of Spatial Data Mining and Knowledge Discovery)[J]. 武汉大学学报信息科学版(Geomatics and Information Science of Wuhan University),2002,6:221-233.
- [4] Clementini E, Di Felice P, Koperski K. Mining Multiple-level Spatial Association Rules for Objects with a Broad Boundary[J]. Data & Knowledge Engineering, 2000,34:251-270.
- [5] WANG Wei, YANG Jiong, Muntz R. An Approach to Active Spatial Data Mining Based on Statistical Information[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering,2000,715-728.
- [6] Brimicombe A J. A Variable Resolution Approach to Cluster Discovery in Spatial Data Mining, Computational Science and Its Applications-ICCA 2003,PT 3[Z]. Proceedings Lecture Notes in Computer Science,2003,1-11.
- [7] XU Xiao-wei, Ester M, Kriegel Hans-Peter, et al. A Distribution-Based Clustering Algorithm for Mining in Large Spatial Databases[A]. 14th International Conference on Data Engineering, 1998.
- [8] Ladner R, Petry F E, Cobb M A. Fuzzy Set Approaches to Spatial Data Mining of Association Rules[J]. Trans in GIS,2003,7(1):123-138.
- [9] 周成虎,张健挺(ZHOU Cheng-hu, ZHANG Jian-ting). 基于信息熵的地学空间数据挖掘模型(Entropy-based Model for Geo-data Mining)[J]. 中国图象图形学报(Journal of Image and Graphics),1999,11:946-951.

- [10] 刘宇,曲波,朱仲英,等(LIU Yu, QU Bo, ZHU Zhongying, et al). 空间数据挖掘理论与方法的研究(A Study on Theory and Methodology of Spatial Data Mining) [J]. 微型电脑应用(Microcomputer Applications), 2000, 8:15-18.
- [11] 颜红文(YAN Hong-wen). 基于数据挖掘的模糊综合评判在电力市场机组竞标能力评估中的应用研究(硕士学位论文)(Study on the Application of Fuzzy Comprehensive Assessment to Evaluation of the Units Bidding Ability at Power Market, Thesis) [D]. 长沙:湖南大学(Changsha: Hunan University), 2002.
- [12] 郭颖奇,陈琳玲(GUO Ying-qi, CHEN Lin-ling). 空间数据技术在 10 kV 配电网调度 GIS 中的应用(Application of Spatial Data Mining in 10 kV Distributed Scheduling System GIS) [J]. 计算机应用(Computer Applications), 2002, 8:91-93.
- [13] 王明俊,于尔铿,刘广一(WANG Ming-jun, YU Erkeng, LIU Guang-yi). 配电系统自动化及其发展(Distributed System Automation and Development) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 2000.

收稿日期: 2004-02-04; 修回日期: 2004-03-23

作者简介:

王金凤(1977 -),女,助教,研究方向为配电系统规划及 GIS 在电力系统中的应用; E-mail: wangjinfeng@zzu.edu.cn
杨丽徙(1956 -),女,在读博士研究生,教授,主要从事电网规划及 GIS 工程方面的研究。

Discussion about the application of spatial data mining in electric power system

WANG Jinfeng, YANG Lixi, CHEN Geirong

(College of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Spatial data mining refers to the extraction of implicit knowledge, interesting spatial relations, and other patterns not explicitly stored in spatial databases. Spatial data mining is a useful tool to deal with the mass data of power system management plan, and design. This paper firstly presents the definition, characteristics, structures and methods of spatial data mining, and then discusses the applications in electrical power system according to the characteristics of power system in order to supply a new selection method for the economical operation and reasonable decision of power system.

Key words: spatial data mining; assistant decision-making; electric power system

(上接第 73 页 continued from page 73)

网满足“ $n-1$ ”准则,以提高新乡供电区北部电网的运行可靠性。

参考文献:

- [1] 杜景远,崔艳(DU Jing-yuan, CUI Yan). 微机备自投在济南电网中的应用(Application of a Microprocessor Based Reserved Auto-switch-on Device in Ji nan Power

Network of China) [J]. 继电器(Relay), 2001, 29(9): 40-42.

收稿日期: 2003-12-19; 修回日期: 2003-12-29

作者简介:

杨忠礼(1973 -),男,工程师,从事继电保护运行与管理
工作; E-mail: zhongliyang2002@sohu.com
王素姣(1968 -),女,讲师,工程硕士,从事电工、电力电子的教学与研究工作。

Application and improvement of reserved auto-switch-on devices in northern load area of Xinxiang

YANG Zhong-li¹, WANG Sujiao²

(1. Xinxiang Electric Power Bureau, Xinxiang 453002, China; 2. Electrical Engineering Dept, Zhengzhou Railway Vocational Technological College, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: According to the operating mode of northern load area of Xinxiang, by reforming the existing reserved auto-switch-on devices, a scheme is presented in this paper to enhance the power supply reliability and ensure supplying power continually for key customers.

Key words: reserved auto-switch-on devices; secondary circuit; improvement