

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2018.01.006

大数据技术在智能电网中的应用现状及展望

陈敬德¹, 盛戈皞², 吴继健¹, 徐友刚¹, 王福菊¹

(1. 国网上海市电力公司青浦供电公司, 上海 201799; 2. 上海交通大学国家智能电网上海研发中心, 上海 200240)

摘要: 2012年以来,智能电网大数据的研究取得了初步的进展,相关研究人员和企业作出了建设性的尝试。在给出大数据在智能电网中应用的总体框架的基础上,文中列举了大数据技术在配电网和电力设备在线监测中的应用案例,如配电网运行状态诊断、用户用电行为特征分析、输电线路状态评估、基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断和预测技术、基于大数据和信息融合的输变电设备关键性能动态评估及预测等,总结了大数据关键技术及研究思路,论述了智能电网大数据技术遇到的难题,最后对智能电网的发展作出了理性的展望。

关键词: 智能电网大数据; 配电网; 在线监测; 故障诊断; 状态评估

Application Status and Prospect of Big Data Technology in Smart Grid

CHEN Jingde¹, SHENG Gehao², WU Jijian¹, XU Yougang¹, WANG Fujun¹

(1. State Grid Shanghai Municipal Electric Power Company Qingpu Power Supply Company, Shanghai 201799, China;

2. Smart Grid Laboratory of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The smart grid big data research has achieved initial progress since 2012, researchers and related enterprises have made some constructive attempts. Based on the general framework of the application of big data in Smart Grid, this paper enumerates some applications of the big data technology in power distribution network and power equipment on-line monitoring, such as diagnosis of distribution network running status, analysis of characteristics of power use behavior, evaluation of transmission line state, the fault diagnosis and prediction technology of the power transmission and transformation equipment based on the complex correlation recognition, the assessment and prediction of key dynamic of electric transmission equipment based on big data and information fusion, etc. This paper has summarized the key technologies of big data and research ideas and discussed the problem of big data technology in smart grid. At the end of the paper, a rational prospect for the development of smart grid has been explored.

Key words: smart grid big data; distribution network; on-line monitoring; fault diagnosis; state evaluation

0 引言

1998年《科学》(Science)中刊登的《大数据的处理程序》(A Handler for Big Data)一文第一次提到大数据这一概念,2012年3月29日,代表美国政府的白宫科技政策办公室发布了《大数据研究和发展计划》,并成立了“大数据高级指导小组”,将大数据技术革命带来的机遇和挑战提升到国家战略层面。

7月份,斯科特·亚当斯创作的《Dilbert》漫画中,一幅漫画中写着“它无所不在,无所不知”,另一幅写着“这就是大数据”,可以说是大数据这一概念普及的一个迹象,同年9月份,《自然》刊登了“大数据”专刊,标志着大数据被学术界广泛认可,引发了各国对大数据的研究热潮^[1-2]。

然而,对于大数据的定义,学术界并没有统一的定论,康奈尔大学计算机科学家乔恩·克莱因伯格称“大数据这个术语本身很模糊,但在某些方面却又非常具体。大数据是可能改造一切的一种过

收稿日期:2017-10-15; 修回日期:2017-11-25

基金项目:国家863高技术基金项目(2015AA050204);国家电网公司科技项目(520626140020)。

Project Supported by the State 863 High Technology Foundation(2015AA050204), Science and Technology Programme of SGCC (520626140020).

程的标签。”Manyika等认为“大数据是指数据集合,其大小已经超出了典型数据库在获取、存储、管理和分析的能力。”一般认为,大数据的量级级别应该是太字节,即 2^{40} 。就大数据的特征来看,一个典型的定义,即高速性、规模性和多样性。数据的发展带来了2次革命,数据与自然哲学的融合引发了第1次数据革命,体现了数据的依据性和基础性;第2次数据革命以大数据为主要特征,使万物皆数的理念变为现实。在应用层面上,大数据技术在互联网技术、生物医药、智慧城市、金融市场以及远程感应等方面已崭露头角^[3-4]。

发展智能电网已经在世界范围内达成共识,从技术和应用的层面看,智能电网是将先进的传感测量技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力技术相结合,并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。它的特征是坚强、自愈、兼容、经济、集成和优化,同时具有地理位置覆盖范围广泛、能量传输数量庞大、输电用电实时平衡等特点,这些特点使得电网运行时产生的数据量庞大,为大数据技术的使用提供了土壤,2012年以来,国内外已对大数据技术在智能电网中的应用作出了初步的尝试,但这些尝试都是探索性质的,对大数据的研究方法和基本概念没有达成共识,要达成的目标尚不明确,数据模式国际上还没有统一的规范,现行的数据分析算法仍然是基于小数据的,硬件设施还不完善,通信信息架构还不一致,数据安全性问题有待解决,不少企业对大数据技术信心不足,处于观望的状态^[5]。

文中在给出电力大数据通用架构的基础上,整理了当前大数据技术在智能电网配电网和在线监测中的典型应用案例,如配电网运行状态诊断、用户用电行为特征解析、负荷预测、输电线路状态评估、基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断和预测技术、基于大数据和信息融合的输变电设备关键性能动态评估及预测等,论述了智能电网大数据的关键技术及研究思路,总结了当前智能电网大数据技术遇到了难题,并对智能电网大数据技术的发展作了理性的展望。

1 大数据技术在智能电网中的应用情况

1.1 电力大数据平台的整体架构

电力大数据整体可执行架构见图1。基于分布式文件系统的大数据存储框架,基于Mapreduce分布式处理的大数据处理架构,使得大数据的存储和处理成为可能。文[6]对此框架有详细介绍,不再赘述。

1.2 大数据技术在配用电网中的应用

随着智能电网的建设,配电网的信息采集和管

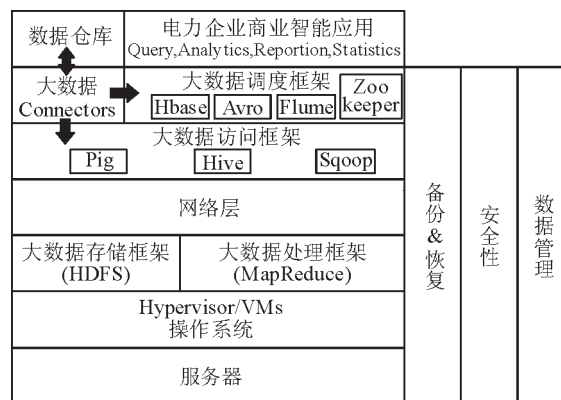


图1 电力大数据整体可执行架构

Fig. 1 Electric power big data integrated executable architecture

理控制系统逐步完善,产生了大量的多源异构数据,为大数据的应用奠定了数据基础。文中结合了中国电科院的一些专家学者们的研究情况,对大数据技术解决配电网的问题进行了论述。

1.2.1 配电网运行状态诊断

配电网运行状态诊断的结构图见图2,从5个方面阐述了配电网的健康情况。

基于大数据的配电网运行状态评估	网络坚强度	网络结构水平	中压线路联络率
			中压线路站间联络率
			中压线路平均分段数
		电源备用情况	变电站单电源线路率
			变电站单变率
	供电可靠性	负荷供应水平	主变“N-1”通过率
			中压线路“N-1”通过率
			主变“N-2”通过率
			中压线路“N-2”通过率
		故障自愈能力	固态开关安装率
			动态不间断电源应用率
	电能优质性	稳态质量调节	分布式发电、储能等自备电源用户比例
			电压无功综合自动调节装置VQC比例
		暂态质量调节	静态无功补偿装置SVC比例
			动态电压恢复器安装比例
			安装故障电流限制器线路比例
			变电站避雷器安装比例
	运营高效性	系统容量利用水平	变电容载比
			中压线路负载率
		运行管理水平	变电站智能化巡检比例
			线路完好率
电网互动性	用电信息交互能力		主要设备完好率
			智能电表安装率
			用电信息系统覆盖率
			客户服务信息系统覆盖率
	需求侧响应水平		呼叫中心系统覆盖率
			负荷控制比例
			实时动态电价用电量比例

图2 配电网运行状态诊断的结构图

Fig. 2 Structure diagram of operation state diagnosis of distribution network

1)网络坚强度。对配电网的坚强度进行评价。如网络结构水平和电源备用情况,网络结构水平取决于中压线路联络率、中压线路站间联络率和中压线路平均分段数;电源备用情况取决于变电站单电源线率和变电站单变率。

2)供电可靠性。对供电可靠性进行评价,如负荷供应水平和故障自愈能力。负荷的供应水平由主变“N-1”通过率、中压线路“N-1”通过率、主变“N-2”通过率、中压线路“N-2”通过率来保证;故障自愈能力由固态开关安装率、动态不间断电源应用率、分布式发电、储能等自备电源用户比例来保证。

3)电能优质性。对电能质量进行评价,如稳态质量调节和暂态质量调节。可通过电压无功综合自动调节装置VQC比例、静态无功补偿装置SVC比例来反映稳态电能质量的调节能力;可通过动态电压恢复器安装比例、安装故障电流限制器线路比例和变电站避雷器安装比例反映暂态电能质量的调节能力。

4)运营高效性。对配电网的运营高效性进行评价,如系统容量利用水平和运行管理水平。变电容载比和中压线路负载率体现出系统容量的利用水平;变电站智能化巡检比例、线路完好率和主要设备完好率体现了运行管理水平。

5)电网互动性。对电网互动性进行评价,如用电信息交互能力和需求侧响应水平。用电信息交互能力体现在智能电表安装率、用电信息系统覆盖率、客户服务信息系统覆盖率和呼叫中心系统覆盖率上;需求侧响应水平体现在负荷控制比例和实时动态电价用电量比例上^[7]。

大数据的优势之一就是统计的信息全面,可以从多个角度对配电网的性能进行评估。以供电可靠性为例,一方面可以从框图所列的5个指标对供电可靠性进行评估,另一方面可以从故障率、电压偏移及波动闪变和波形畸变率的角度去评价供电可靠性。

1.2.2 输电线路状态评价

一种基于大数据的多维度评估输电线路状态的方法见图3。该方法首先建立了多层架构电力传输设备评估模型,设立了专门的评估时段和特殊线路区段。将累计扣分法用于评估模型参数基本得分,结合在评估时段以及评价区段得出每个参量的实际扣分情况和得分情况。最后,根据每个参量得分多少依次计算输变电设备子组件,塔位段,整体得分值,最后结合评价区段和时段对传输设备的整体状况进行评估。该评估方法结合了线路状态得

分、时间和空间3个维度,符合大数据多维度的思想,评估的结果更接近输电线路真实的状态^[8]。

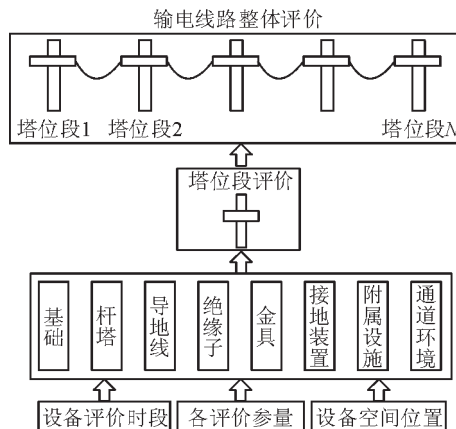


图3 多维度评估输电线路状态

Fig. 3 Multi dimension evaluation of transmission line status

1.2.3 用户的用电行为特征解析

了解用户的用电行为特征对于电网调度具有重大意义,基于大数据挖掘的用户用电情况的解析见图4。它的基本思路是将用电信息数据、客户服务数据、人口数据、营销业务数据、地理信息数据、气象这些多源异构数据进行统一融合和存储;将用户分为居民用户、商业用户和工业用户,通过对用电负荷、电费台账、缴费信息、客户信息、电网网架结构、电价政策和天气参数等进行用电行为因素关联关系分析、关联强度分析,并建立用户用电行为模型;并将得到的模型用于经济发展趋势预测、居民房屋空置率分析、电价制定决策支持和用户信用评估等。这些数据体量大、来源广、格式不一,把这些数据融合到一起分析需要用到大数据关键技术^[9]。

1.2.4 负荷预测

负荷预测是电力系统调度、实时控制、运行计划和发展规划的前提,是电网调度部门和规划部门所必须具有的基本信息。基于大数据的电力负荷预测框架图见图5。电力负荷受气象条件、经济以及用户用电行为习惯等因素的影响,实现高精度的负荷预测比较困难,利用电力负荷的历史数据和当前数据以及数据挖掘算法挖掘出影响负荷波动的敏感因子,建立大数据环境下的预测模型,进行各类电力负荷的预测^[10]。

1.3 大数据技术在状态监测中的应用

随着物联网技术的蓬勃发展,各类在线监测系统在电力上得到广泛的应用,设备状态监测数据日渐庞大,类型繁多,包括设备自身的在线监测数据、运行工况数据、气象数据、人工记录数据等,目前常用的电力设备状态综合评估方法,如层次分析法、

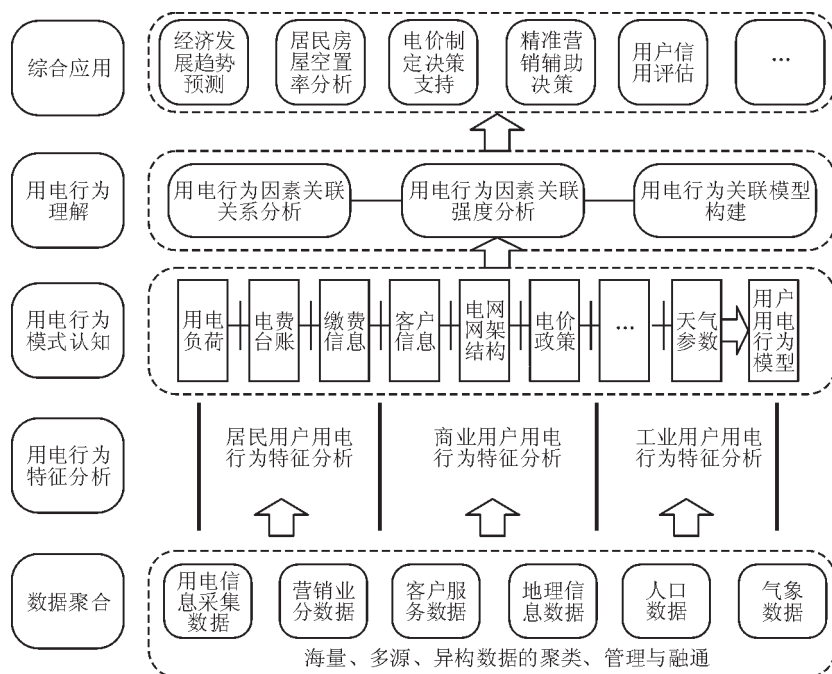


图4 基于大数据挖掘的用户用电情况的解析

Fig. 4 Analysis of user's power usage based on large data mining

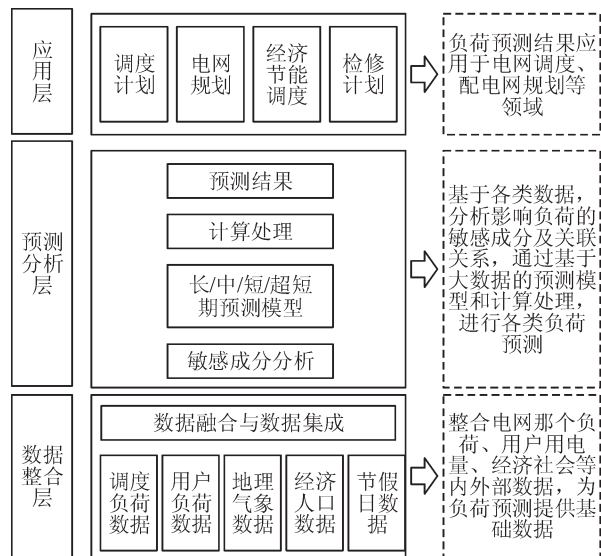


图5 基于大数据的电力负荷预测

Fig. 5 Power load forecasting based on big data

模糊综合判断、证据理论和贝叶斯网络等,旨在寻求各个状态监测量之间的因果关系,传统的以单独个体作为分析对象、很少把这些分散系统的数据作为一个统一的整体来考虑的方法,忽略了大量信息之间模糊的相关性,丢失了有价值的信息。譬如可通过总结故障发生前一段时间电力设备各个状态量的相关性及变化趋势,进一步总结出不同故障类型下,各个状态量之间的变化规律及相互关联关系,然后通过这些状态量的变化趋势及相互关系实现对不同类型的运行故障的粗略预测;同时还要考虑恶劣天气、生产厂家、运行年限、电网负荷水平等

的影响,利用尽可能多的数据对设备进行更全面的分析,挖掘隐性规律。

当前笔者所在的课题组正在研究基于大数据挖掘分析的设备评估诊断,研究运检大数据数据规范化建模技术,输变电设备运检数据跨平台抓取与异构数据量化融合技术和数据转换方法;基于大数据和信息融合的输变电设备状态评价及预测技术,实现对变压器、GIS/断路器、架空输电线路等主设备关键性能的动态评价,为检修策略提供技术支持;基于状态信息实时数据流挖掘技术的异常状态快速检出和预警;结合电网调度运行信息、环境气象信息融合分析的设备状态评价;基于设备个性规律自学习的状态动态评价和预测;基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断技术,挖掘和分析影响输变电设备状态的各类历史数据和实时数据,动态预测设备发生故障的概率;面向不同类型输变电设备典型故障模式的状态特征参数相关关系分析和表征方法;基于大数据样本机器学习和聚类分析挖掘输变电设备典型缺陷和故障模式关联状态信息的变化规律;输变电主设备状态发展趋势和故障概率动态预测的方法。下面以基于大数据和信息融合的输变电设备关键性能动态评估及预测技术和基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断和预测技术为例进行论述。

1.3.1 基于大数据和信息融合的输变电设备关键性能动态评估及预测

可利用的数据有状态信息实时数据、状态信息

历史数据、电网运行数据和环境气象数据,对状态信息实时数据进行数据流挖掘,将其中的结构化数据直接用于设备的异常检测,非结构化数据进行特征提取然后在用于故障和异常检测;通过状态信息历史数据提取不同类型设备不同年限和不同时段的大数据样本,结合状态信息实时数据、传统的关键性能计算模型、多元统计分析的评估预测模型以及阈值进行在线自学习,得出基于设备个性规律的

关键性能动态评价和状态预测;融合状态信息实时数据、历史数据、电网运行数据和环境气象数据进行电网运行和设备状态的综合分析,运用电网运行信息的设备实时评估模型对变压器和输电线路过载能力、断路器触头状态、外绝缘状态和通道负荷能力进行评估诊断,同时进行电网不良工况和气象异常情况下设备状态相关关系分析总结出电网不良工况和异常气象对设备状态的影响,见图6。

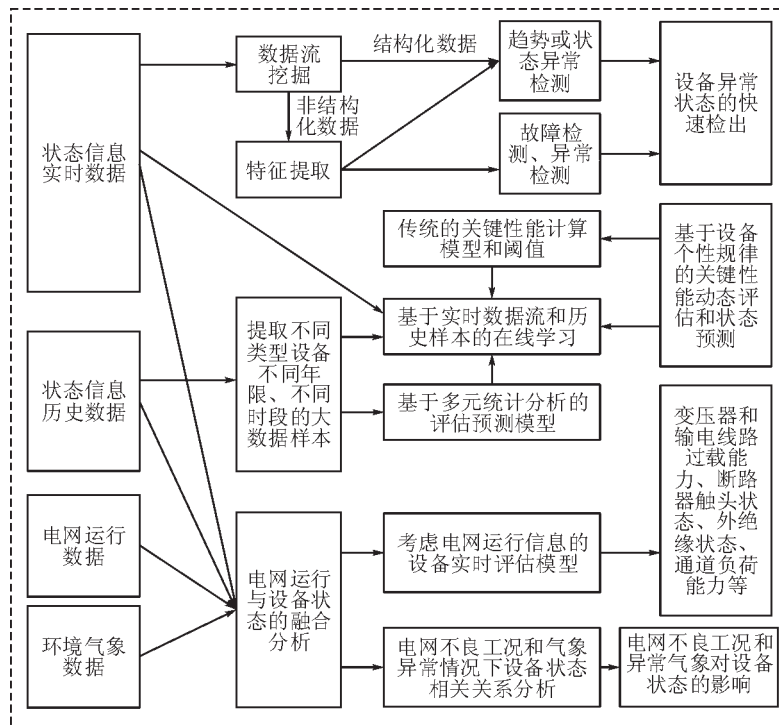


图6 基于大数据和信息融合的输变电设备关键性能动态评估及预测

Fig. 6 The assessment and prediction of key dynamic of electric transmission equipment based on big data and information fusion

上海交通大学对该部分内容做了研究,参见文[11-13]。其中文[11]提出了一种基于时间序列和无监督学习的大数据分析的异常检测方法,针对多维的监测数据,采用无监督聚类方法简化各参量的相关关系,提出异常检测体系,实现了异常数据流的快速检出;文[12]构建了基于关键评估参量体系及D-S证据理论的多层次综合模糊评判模型,实例证明了该方法的合理有效;文[13]提出了基于输电线路全工况信息的风险评估方法,研究了输电设备运行年限、地理位置及电网运行状态等多方面工况信息对输电线路风险值的影响,并实例证明了该方法能较好的对输电线路的风险情况进行预测。

1.3.2 基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断和预测技术

根据电网历史数据、环境气象历史数据、缺陷和故障历史数据样本及检测、试验、监测等状态历史数据进行大量样本的分类学习,并对缺陷和故障

历史数据样本与典型缺陷和故障的状态组合进行样本相关关系分析得出状态关联关系矩阵,结合设备不良工况、家族缺陷、投运时间以及典型缺陷和故障不同阶段分类规律建立设备多维度故障诊断模型,并进行状态确认、缺陷类型分类、严重程度评估和缺陷位置定位。另外还可通过状态实时变化数据流抽取关键状态组合数据,并进行多元时间序列分析,得到相关状态的发展趋势,最终得到输变电主设备状态发展趋势和故障概率动态预测,见图7。

上海交通大学对以下部分内容做了研究,参见文[14-16]。其中文[14]将设备状态信息等等效成各状态量的时间序列,提出了一种基于时间序列分析的双循环迭代检验法,对南网的某变压器和线路的状态监测数据进行了清洗,结果表明了该方法的有效性;文[15]提出了一种基于关联规则和主成分分析的关键参数体系构建方法,并通过实例表明了通过该方法建立的关键参数体系的有效性;文[16]提出

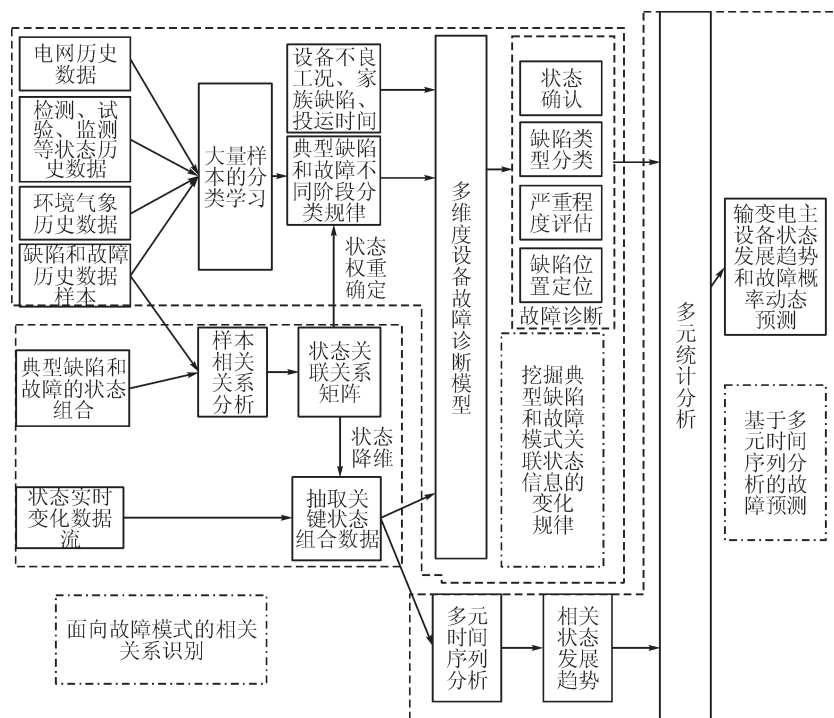


图7 基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断和预测技术

Fig. 7 The fault diagnosis and prediction technology of the power transmission and transformation equipment based on the complex correlation recognition

了一种改进的BP神经网络热点温度预测模型,预测出变压器过载的内部温度变化情况。

2 大数据关键技术与大数据技术的研究方法

现在很多学者用了大量的篇幅在说明大数据的数据融合、数据挖掘及处理的重要性与必要性,而很少谈到具体的实现途径。文中将通过大数据的数据融合技术、数据挖掘、数据处理及可视化技术阐述大数据的关键技术,并论述了各个技术的困难点及可行的解决办法,同时给出了大数据技术的研究思路。

2.1 大数据关键技术

2.1.1 大数据的数据融合技术

大数据技术研究问题的特点之一是多维度面性,这就决定了用大数据方法分析某一具体问题时的数据来源广,譬如利用关键参量、气象和地理位置3个维度去评估电力设备的当前状态,显然设备关键参量数据、气象数据以及地理位置数据的存储模式差异很大,在分析数据前需要将这些数据在逻辑上和存储介质上进行有机的统一,以面向主题的数据集合的形式存储起来^[17]。当然,在存储前还要对数据进行必要的清洗和聚合抽取。大数据技术的另一个特点就是体量大,已上升到PB、ZB级,要查询和处理如此庞大的数据,目前的一个可行的办法是,利用非关系型数据库(NoSQL)进行存储,删掉

关系型数据库特有的关系特性,形成一个基于云计算的分布式文件存储系统和分布式文件处理系统^[18]

2.1.2 大数据的数据挖掘

大数据时代,将信号转化为数据,从数据中攫取信息,信息再投入应用,这是大数据技术发展的主要动力。然而,由于大数据的高速性、多样性、异构性等特点,传统的数据挖掘算法不再适用,有专家学者给出了相应的解决办法:一是将大数据聚类分解为小数据;二是开展分布式算法研究。

传统的以分散的个体作为研究对象的研究方法,忽略了个体之间隐藏的相关性,有如盲人摸象一般,难以窥得全貌,在大数据挖掘中,关联分析被认为将大放异彩,不关注因果关系而侧重于挖掘海量数据之间的关联关系,用已知的相关性和作为参照的状态量的变化趋势来预测未知事物。经查阅文献可知,现在的大数据文献只是在强调相关性分析的重要性,而并没有给出具体的实例说明,笔者借助已有数据做了几个相关性分析^[19],见图8。

利用的3 010组数据实验发现,气象数据中温度湿度的相关性系数为-0.921,说明温度与湿度具有高度的负线性相关性。同时由图8也可看出,油色谱中的总烃体积分数与乙烯(C_2H_4)、乙烷(C_2H_6)具有高度线性正相关, C_2H_4 与 C_2H_6 的体积分数也具有高度的线性相关性。假定已知油色谱中某种气体体积分数与变压器的状态的相关性,那么就可以基

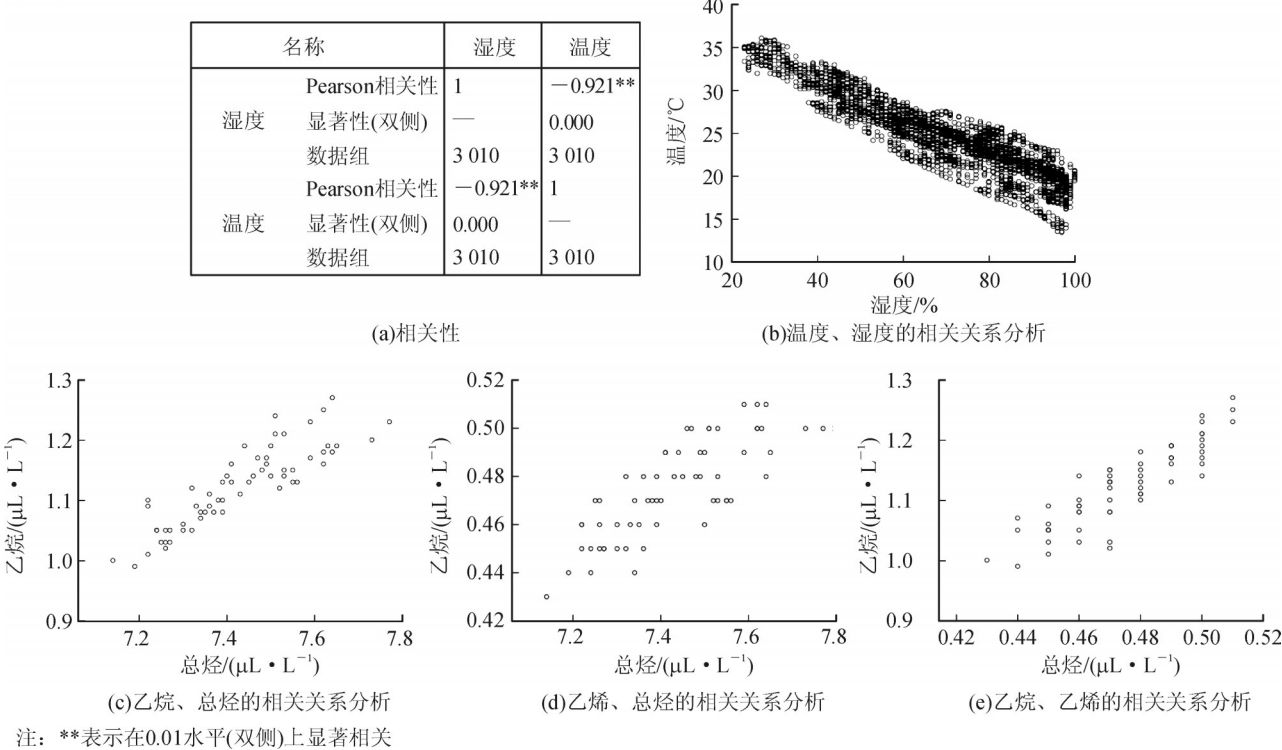


图8 相关关系分析

Fig. 8 Correlation analysis

于该种气体体积分数的变化趋势,去预测变压器的故障概率,譬如可通过油色谱中CO/CO₂的比值变化来判断变压器的绝缘老化情况。

2.1.3 大数据的处理技术

大数据处理关键技术一般包括:大数据采集、大数据预处理、大数据存储及管理、大数据分析及挖掘、大数据展现和应用(大数据检索、大数据可视化、大数据应用、大数据安全等)。分布式计算技术可以解决大量数据的计算和存储问题,内存计算技术解决了大量数据存储速度的难题,流处理技术解决了大量数据的实时计算问题^[20]。Mapreduce大规模并行处理方式涉及到的技术及流程见图9。

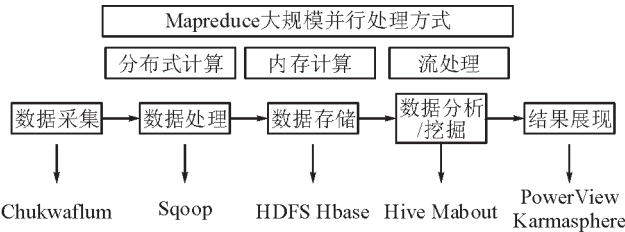


图9 Mapreduce大规模并行处理方式

Fig. 9 Massively parallel processing mode of mapreduce

2.1.4 大数据的可视化

可视化技术主要指的是技术上较为高级的技术方法,对数据加以可视化解释。将大数据可视化技术与智能电网结合起来,可以更加丰富的展示电

力系统的运行信息,如通过对历史数据流的展示,观察数据的历史走势并预测数据的未来变化趋势;通过对故障历史数据的展示,识别故障发生前、发生后的数据潜在的变化态势;对数据进行整合和降维,有针对性的向业务部门推送有价值的信息;基于需求驱动,展示用户关注的浮动电价、小区能源消费效率、用户的能耗等级及提高能源综合利用率的针对性建议等内容。大数据的可视化遇到的问题是现有的可视化工具仍然只能将少量的数据同时转化为图形,达不到大数据体量大的要求。解决办法有:将大数据聚类分解为小数据;流处理技术,对数据流实时动态展示。常用的可视化工具有R、Gephi、Processing等。

2.2 大数据技术的研究思路

大数据技术是在云计算技术基础上发展起来的一个前沿科技,大数据处理技术还很有欠缺,在实时性、数据一致性、隐私性和安全性方面仍有不少的挑战,值得人们去探索发现。笔者认为大数据研究的一般思路为:提出假设—搜集与整合数据—数据分析挖掘—得出结论—假设判定。具体来讲就是实验者首先依据已有结论提出理性的假设,选择实验方法与平台,建立可行的实验模型,搜集数据,将多源数据进行有机整合然后统一存储,对算法进行编程实现,将数据可视化,得出结果,假设

进行证实或证伪。

3 大数据技术遇到的难题

云计算技术的发展为电力大数据的发展提供了技术支撑,智能电网技术的发展为电力大数据的发展提供了土壤。笔者认为当前电力大数据的发展遇到如下阻碍。

1)如何处理半结构化和非结构化数据。电力大数据除了结构化数据外还有大量的半结构化和非结构化数据,给定一种半结构化或非结构化数据,比如图像,如何快速地把它转化成多维数据表、面向对象的数据模型或者直接基于图像的数据模型,需要建立这种转化机制。

2)大数据的存储与适合大数据分析的算法。如何对电力大数据进行高效、可靠地存储,并快速访问和分析,是当前重要的研究课题,现已提出的基于云平台的大数据存储与并行处理技术仍处于研究的阶段。由于大数据具有高速、海量且多样的特点,传统的针对小数据的数据挖掘算法已不再适用,如何找到新的适合于大数据的挖掘算法是当前大数据科研人员的一项重要任务,目前提出的基于Mapreduce的数据分析算法和机器学习算法也处于一个研究阶段。现行的数据挖掘工具,如SPSS、SAS、Python等,内嵌有大量成熟算法,如Spss中统计分析过程包括相关分析、回归分析、聚类分析、决策树、预测、神经网络、时间序列分析、生存分析等,它们都是以软件包的形式组合在一起,用户可以根据需求选择功能模块,可以大大提高工作效率,然而Spss在电力系统中的应用却很少,主要原因是Spss与电力系统数据库的数据接口尚未建立完善,上海交通大学正在做此方面的研究。一个重点工作就是将现有的数据挖掘工具与电力系统数据库的数据接口建立起来,达到能够利用数据挖掘工具实时调用电力系统数据库的数据进行分析的目的。

3)数据收集。电力公司的数据在不同的数据库中的存储格式不一样,并且由于管理体制的问题,长期形成了各部门独立工作,部门之间的数据流动很少,形成了独立的数据库,库与库之间的数据查询与访问比较困难,同时由于软硬件的标准差异,造成数据共享的麻烦。因为安全隐患,电力公司的某些数据保密也是实现数据共享的拦路石。

4)企业的重视程度不足。体现在大部分企业对大数据的作用仍然持怀疑态度,处于一种观望的状态,没有积极的投入资金进行基础设施建设,也没有建立适合本企业的大数据发展可行性架构。

5)缺乏大数据方面的人才。由于大数据是一个比较新兴的科技,大部分数据挖掘科研人员的思路仍然没有从传统的数据挖掘中脱离出来,大数据的研究尚需要一批专业的科研队伍。

6)研究目标不明确。

4 结论

1)不可否认电力大数据的研究已取得了一定的进展,相关电力企业进行了建设性的尝试。文中给出了电力大数据通用的可执行架构,大数据关键技术及研究思路,并举出了大数据在配电网中应用的例子,如配电网运行状态诊断、负荷预测、用户用电行为特征分析和输电线路状态评估;也列出了大数据在在线监测中的应用案例,如基于大数据和信息融合的输变电设备关键性能动态评估及预测、基于复杂相关关系识别的输变电设备故障诊断和预测技术等。

2)但应该看到的是,现行的应用只是科研人员或少数企业以研究为目的作出的局部尝试,离期望的全面建成智能电网大数据系统还有很长一段路要走,大数据关键技术准备的还不充分,电力大数据的发展阻碍重重。

3)要相信大数据定会在智能电网的建设中大显身手,政府加强关注,增加人力物力投入,加快完善大数据关键技术,逐步解决阻碍智能电网大数据发展的难题。首先,笔者认为要建立智能电网大数据统一标准体系,完成适合智能电网的统一数据模型的研究,参加制定国际智能电网大数据统一标准;开展大数据关键技术的研究,完善大数据融合技术、大数据分析技术、大数据处理技术以及大数据可视化技术;鼓励电力企业搭建适合本企业发展的的大数据架构,尝试在该企业利用大数据技术产生收益;电力企业之间应建立信任,加强合作,促进数据共享,逐步扩大数据的融合范围;循序渐进的将大数据技术渗透到智能电网的各个环节。

参考文献:

- [1] 刘红,胡新和.数据革命:从数到大数据的历史考察[J].自然辩证法通讯,2013(6):33-39.
LIU Hong, HU Xinhe. Data revolution: A historical survey of data from Big data[J]. Natural Dialectics Communication. 2013(6):33-39.
- [2] 方环非.大数据:历史、范式与认识论伦理[J].浙江社会科学,2015(9):113-120.
FANG Huanfei. Big data: History, paradigm and epistemology ethics[J]. Zhejiang Social Sciences, 2015(9):113-120.
- [3] 中国电机工程学会信息化专业委员会.中国电力大数据

- 发展白皮书[M]. 北京:中国电力出版社,2013:10-15.
- Information Technology Committee of China Electrical Engineering Society. China electric power big data development white paper[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2013:10-15.
- [4] MANYIKA J, CHUI M, BROWN B, et al. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity [Kindle edition][R/OL]. <http://www.mckinsey.com/Insights/MGI/Research/2011-09-08>.
- [5] 张东霞, 苗新, 刘丽平, 等. 智能电网大数据技术发展研究[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(1):2-12.
- ZHANG Dongxia, MIAO Xin, LIU Liping, et al. Study on the development of large data technology in smart grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(1):2-12.
- [6] 彭小圣, 邓迪元, 程时杰, 等. 面向智能电网应用的电力大数据关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(3):503-511.
- PENG Xiaosheng, DENG Diyu, CHENG Shijie, et al. For smart grid applications of power data is a key technology[J]. Proceeding of the CSEE, 2015, 35(3):503-511.
- [7] 王继业, 季知祥, 史梦洁, 等. 智能配用电大数据需求分析与应用研究[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(8):1829-1836.
- WANG Jiye, JI Zhixiang, SHI Mengjie, et al. Intelligent equipped with TVU data demand analysis and application [J]. Proceeding of the CSEE, 2015, 35(8):1829-1836.
- [8] 黄荣辉, 李勋, 吕启深, 等. 基于数据挖掘的电力设备缺陷分析研究[J]. 电气应用, 2015, 34(2):46-50.
- HUNG Ronghui, LI Xun, LYU Qishen, et al. Research on the defect analysis of power equipment based on data mining[J]. Electrical Application, 2015, 34(2):46-50.
- [9] 胡长华. 基于大用户用电行为分析的错峰管理系统研究与设计[J]. 现代计算机(专业版), 2014(21):42-47.
- HU Changhua. Based on user behavior analysis of peak load shifting management system research and design[J]. Modern Computer(professional edition), 2014(21):42-47.
- [10] QUILUMBA F L, LEE W J, HUANG H, et al. Using smart meter data to improve the accuracy of intraday load forecasting considering customer behavior similarities[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, 6(2):911-918.
- [11] 严英杰, 盛戈皞, 陈玉峰, 等. 基于大数据分析的输变电设备状态数据异常检测方法[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(1):52-59.
- YAN Yingjie, SHENG Gehao, CHEN Yufeng. Based on the data analysis of power transmission and transformation equipment condition data anomaly detection method[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(1):52-59.
- [12] 曾丹乐. 基于多源信息融合的变压器状态评估关键技术研究[D]. 上海:上海交通大学, 2015.
- ZENG Danle. Transformer condition of multi-source information fusion evaluation research on the key technology of[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2015.
- [13] 刘珂宏. 基于输电线路全工况信息的风险评估方法[D]. 上海:上海交通大学, 2015.
- LIU Kehong. Risk assessment method based on full operation mode of transmission lines[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2015.
- [14] 严英杰, 盛戈皞, 陈玉峰, 等. 基于时间序列分析的输变电设备状态大数据清洗方法[J]. 电力系统自动化, 2015, 44(7):138-144.
- YAN Yingjie, SHENG Gehao, CHEN Yufeng, et al. Based on time series analysis of power transmission and transformation equipment state data cleaning method[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 44(7):138-144.
- [15] 严英杰, 盛戈皞, 陈玉峰, 等. 基于关联规则和主成分分析的输电线路状态评价关键参数体系构建[J]. 高电压技术, 2015, 41(7):2308-2314.
- YAN Yingjie, SHENG Gehao, CHEN Yufeng, et al. Construction based on association rules and principal component analysis of the transmission line state evaluation of key parameters of the system[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(7):2308-2314.
- [16] 陈亚博. 多参量分析的变压器过载能力研究[D]. 上海:上海交通大学, 2015.
- CHEN Yabo. Research on overload capacity of transformer with multi parameter analysis[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2015.
- [17] WU X, ZHU X, WU G Q, et al. Data mining with big data[J]. IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering, 2014, 26(1):97-107.
- [18] 宋亚奇, 刘树仁, 朱永利, 等. 电力设备状态高速采样数据的云存储技术研究[J]. 电力自动化设备, 2013, 42(10):150-156.
- SONG Yaqi, LIU Shuren, ZHU Yongli, et al. Research on the cloud storage technology of high speed sampled data of electric power equipment[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 42(10):150-156.
- [19] 马高峰. 关联规则在电力变压器故障评估中的应用研究[D]. 重庆:重庆大学, 2010.
- MA Gaofeng. Application of association rules in power transformer fault assessment[D]. Chongqing: Chongqing University, 2010.
- [20] 张蕾. 基于云计算的大数据处理技术[J]. 信息系统工程, 2014(4):121.
- ZHANG Lei. Large data processing technology based on cloud computing[J]. Information Systems Engineering, 2014(4):121.
- 陈敬德(1993—), 男, 硕士, 从事电力设备在线监测与故障诊断研究。
- 盛戈皞(1974—), 男, 副教授, 长期从事输变电设备状态监测及其智能化。
- 吴继健(1986—), 男, 工程师, 从事继电保护电力系统自动化工作。
- 徐友刚(1985—), 男, 工程师, 从事电力设备运维检修。
- 王福菊(1974—), 女, 硕士, 从事配电运行工作。