

基于用户特征聚类的综合能源套餐推荐方法

骆 钊¹,张 涛¹,高泽勇¹,周 磊²,梁俊宇³,林铭良¹

(1. 昆明理工大学 电力工程学院,昆明 650500;2. 国网江苏电力有限公司 苏州供电分公司,江苏 苏州 215004;3. 云南电网有限责任公司 电力科学研究院,昆明 650217)

Comprehensive energy package recommendation method based on user feature clustering

LUO Zhao¹, ZHANG Tao¹, GAO Zeyong¹, ZHOU Lei², LIANG Junyu³, LIN Mingliang¹

(1. Faculty of Electric Power Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China;2. Suzhou Power Supply Company, State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Suzhou 215004, China;3. Electric Power Institute, Yunnan Power Grid Co., Ltd., Kunming 650217, China)

摘要:针对庞大的综合能源用户群体在购买能源服务套餐时难以选择的问题,提出一种基于用户特征聚类的综合能源套餐推荐方法,以提高用户粘性。首先,将收集的综合能源用户信息进行知识图谱构建,对缺失的用户信息进行补充完善,同时分析用户之间的关系。然后,采用谱聚类的方法对构建好的用户知识图谱进行图谱分割聚类,进行用户之间的相似度计算,提取代表综合能源用户用能行为多样性的兴趣特征。最后,通过随机森林模型计算综合能源用户对各能源服务套餐的预测评分,将预测评分进行排序后,取评分最高的部分套餐通过线上平台为用户呈现套餐服务内容,实现对用户的精准推荐。将所提套餐推荐模型与传统推荐模型进行比较分析,结果表明基于用户特征聚类的综合能源套餐推荐方法能够为综合能源服务公司实现有效的用户精准化能源服务推荐,有利于提升能源服务公司的市场竞争力,同时为电力企业向综合能源服务提供商转型提供技术支撑。

关键词:综合能源服务;推荐算法;知识图谱;谱聚类;随机森林

Abstract: Aiming at the difficulty for a large group of comprehensive energy users to choose when purchasing energy service packages, a comprehensive energy package recommendation method based on user feature clustering is proposed to improve user stickiness. First of all, the comprehensive energy user information collected is constructed by knowledge graph, the missing user information is supplemented and improved, and the relationship between users is analyzed. Then, spectral clustering method is used to cluster the constructed user knowledge map, calculate the similarity among users, and extract the interest features representing the diversity of energy use behavior of comprehensive energy users. Finally, the random forest model is used to calculate the predicted scores of comprehensive energy users for each energy service package. After sorting the predicted scores, the part of the package with the highest score is selected to present the package service content for users through the online platform, so as to achieve accurate recommendation for users. By comparing the package recommendation model proposed in this paper with the traditional recommendation model, the results show that the integrated energy package recommendation method based on user feature clustering can achieve effective user precision energy service recommendation for integrated energy service companies, which is conducive to improving the market competitiveness of energy service companies, and provides technical support for the transformation of power enterprises into integrated energy service providers.

Key words: integrated energy service; recommendation algorithm; knowledge graph; spectral clustering; random forest

0 引言

随着国家对电力体制改革的不断推进,售电侧市场的开放,以及新型能源大量接入传统电网,电网公司发展正处于转型的关键时期,综合能源服务将逐渐成为电网公司运营重点。综合能源服务是

基于综合能源系统^[1](包括电、气、冷热和其他能源类型),根据用户用能实际情况和用能需求提供令用户满意的多样化能源生产与消费的能源服务产品^[2]。

为进一步提高能源利用率以及降低能源使用成本,结合综合能源服务大数据的特点,考虑将推荐系统引入到综合能源服务中来,建立综合能源服务推荐平台。很多学者在电力套餐推荐方面展开了一系列研究。文献[3]通过获取用户偏好,提取用户特征并对用户聚类,进而根据融合偏好算法完

收稿日期:2023-05-10;修回日期:2023-08-02

基金项目:国家自然科学基金项目(52277104,51907084);
云南省重点研发计划资助项目(202303AC1000003)

成推荐,文献[4]采用分层聚类方法提取较高精度的用户用电特征,实现对用户差异化的用电套餐推荐,文献[5]针对不同用户共同项目评分数据占比少的问题,引入项目特征值,为不同用户提供不同偏好的推荐结果,文献[6]对用户行为特征进行分析,通过剔除活跃度较低的用户,减小待分析用户数据的规模,同时综合运用用户的属性特征以提升推荐效果。文献[7—8]通过聚类的方法对用户群进行控制,降低数据稀疏性,使得大规模数据集能够与相应算法适配,并有效提升推荐精度。

综合能源服务推荐在未来将成为综合能源服务的重要组成模块,上述文献中所用的聚类方法所提取的用户特征量较为单一,为实现个性化、精细化的推荐服务,本文基于用户特征,提出知识图谱分割聚类的综合能源套餐推荐方法。一方面,构建用户知识图谱建立用户之间的联系、完善用户数据,用以解决系统冷启动问题;对图谱进行切割聚类,差异化提取用户特征;经随机森林模型对不同类型的用户进行预测,实现综合能源用户交易套餐的精准推荐。另一方面,采用图谱分割聚类的方法,有效的降低数据维度,减少预测所耗费的时间,提升推荐系统的效率,为用户提供更好的用能服务。

1 模型介绍

1.1 综合能源线上服务目录

本文依托某电网企业所辖电商平台,获取各项服务类别及用户信息。电网所辖电商平台提出24个综合能源服务类目,其中包括6个菜单:新零售、智能硬件、企业代维、能效提升、移动储能和电力设备租赁。

1.2 模型概述

本节对基于用户特征聚类的综合能源套餐推荐方法进行介绍。根据用户参与市场意愿情况,将套餐分为保守型、过渡型和激进型3种。保守型用户用能情况不受价格波动影响,为其提供峰谷价差小的能源套餐;激进型用户在应对价格波动时积极响应,会主动调节用量,为其提供峰谷价差大的能源套餐;新接入的用户或拒绝提供个人信息用户,无法进行用户分类,因此为其提供介于保守和激进之间的过渡型套

餐。套餐中每时段的价格存在波动,用户负荷会相应变化。

由图1可知,模型主要分为Online部分和Offline部分。其中,Offline部分主要解决数据稀疏性及冷启动问题,并生成预测评分发送到Online部分。Online部分即为某电网企业所辖电商平台,它为用户提供可视化交互界面,将线下部分预测评分通过Top-N方法将预测评分最高的前N项服务类别展示给用户,同时将用户反馈的信息发送回Offline部分;另外,Online部分还提供用户注册界面,采集新用户信息及用户新评分信息。该模型Online部分与Offline部分构成一个闭环,Offline部分利用已经收集到的数据通过随机森林算法预测用户对服务项目的评分,Online部分对预测结果进行展现,并提供用户注册通道,由用户填写用电量、电压等级、年产值、电费占比等信息,将采集到的新用户信息反馈到Offline部分以更新原始数据集。以实时的用户数据来预测用户感兴趣项目,为用户提供更精确的推荐内容。

2 综合能源服务Offline部分模型建立

本节对基于用户特征聚类的综合能源套餐推荐方法的线下部分进行介绍。将已获取的用户原始数据进行划分,提取70%数据作为训练集,剩余30%的数据作为测试集。

2.1 构建综合能源服务领域知识图谱

用能服务领域知识图谱是一种图网络结构,它将综合能源用户和属性值作为实体,实体间关系作为边。综合能源用户信息在关系数据库中以电压等级、历史用电量、年产值等作为属性值进行存储。在构建用户知识图谱时,将各个用户打上标签,并将其所对应属性值作为输入量。

综合能源用户信息在关系数据库中以电压等

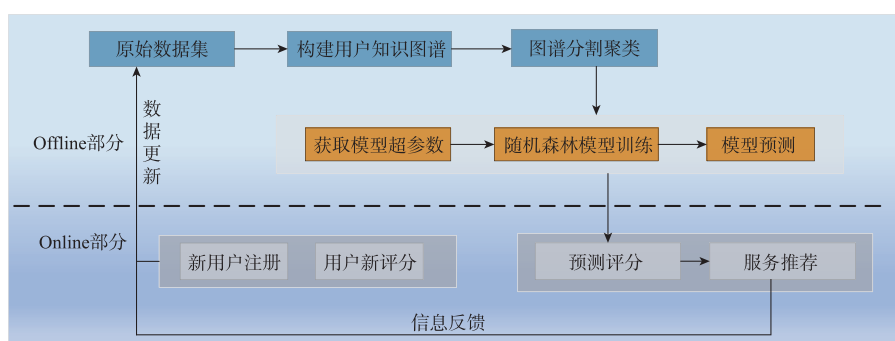


图1 服务推荐流程

Fig. 1 Service recommendation process