

科技创新

基于 GIS 的虚拟电厂需求侧能源评估模型

李石磊

(同方智慧能源有限责任公司, 北京 100089)

摘要: 为使虚拟电厂(VPP)更好地进行资源整合,进而实现产品打包和市场交易,利用能源资源天然的地理信息属性,将虚拟电厂需求侧能源与 GIS(地理信息系统)结合,提出虚拟电厂需求侧能源的评估方法。分析需求侧能源的构成,建立评估模型的指标体系,对评估模型的指标体系进行细化,提出共有指标和差异指标并给出量化方法。使用层次分析法、熵权法、加权法和法给出评估指标标准化、共有指标权重、差异指标权重及评估模型的计算方法。通过 10 个地区的数据对评估模型进行算例分析,为建设虚拟电厂进行资源优化聚合提供量化方法和科学支撑。

关键词: 地理信息; GIS(地理信息系统); 虚拟电厂(VPP); 需求侧能源; 评估模型

中图分类号: TM721 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)11-0001-07

随着城市的发展,城市电网出现建设用地紧张、用电负荷密度增大、资金困难、峰谷差大等问题。同时,随着销售电价取消后工商业用户全部进入电力市场,为保证市场供需两边实时平衡,电力系统发电侧相关主体全部进入市场是确定性事项。虚拟电厂(virtual power plant, VPP)作为第三方独立主体进电能量市场(中长期和现货),分布式发电市场化交易开始试点和推广。

虚拟电厂作为聚合 FRs (flexible resources, FRs)的有效手段,采用计算机、计量、控制等技术手段,无须改变 FRs 各自的并网方式和地理位置即可实现聚能、储能、供能与用能,有效连接 FRs 与电力系统,实现资源整合与分配,逐渐作为聚合实体在电力批发市场参与分布式能源的运行,是智能电网在能源供需侧实现互动化、智能化的重要途径。

吴宣儒和李萍^[1]通过分时电价激励和热负荷需求构建评估模型,提出了电动汽车和需求侧协同作用的调度模型;卫璇等^[2]、刘健等^[3]介绍 VPP 的资源构成、建设方法和意义、技术优势和未来展望,详述了 VPP 和 FRs 的关系以及关键技术等;任大伟等^[4]、张波等^[5]、于泓维和赵博^[6]提出了使用所有用户的价格弹性和负荷时间的评估方法,建立了需求响应潜力的评估模型;杨莘博等^[7]通过电价弹性矩阵、购买成本最小和负荷削减成本最小等相关因素建立模型,实现对需求侧能源的可靠性评估;邱红

桦等^[8]、李军祥等^[9]结合能源市场实际运营和推广两个方面提出了综合能源的技术方案、服务量级、增值功能、能源调度及服务模式,并建立了用户需求评估、效用模型和调度模型;谭丽丽等^[10]、白仙富等^[11]、李先锋等^[12]、朱广贺等^[13]结合地理信息系统(geographic information system, GIS)和多标准决策分析算法,综合了地理信息空间因素,并采用 GIS 可视化技术和空间分析,对可再生资源建立评估模型。

需求侧能源是 VPP 的重要组成部分,同时是 VPP 资源聚合、协调、调度的重要对象。因其分布在城市电网中,而城市电网规划和建设具有天然的地理信息空间属性和复杂的拓扑关系,地理信息空间分析是 GIS 的重要学科特征,能较好地处理城市电网在空间与逻辑拓扑关系上的分布特征。因此,本文结合 GIS 学科,将 VPP 需求侧能源作为地理信息空间要素并结合地学空间分析建立评估模型。

1 指标体系

以光伏、储能、FRs、电动汽车、风电作为评估对象,并根据其能源特征分为共有指标(A类)和差异指标(B类)两类。A类指标包括 GIS 空间信息、开发状况、效益、发展潜力等,B类指标是指上述 5 类需求侧能源各自差异化的指标,包括电动汽车的削峰能力、分散式风电的出力状况以及 FRs 的响应能

收稿日期: 2024-12-05

作者简介: 李石磊(1987—),男,河南商丘人,硕士,高级工程师,研究方向为地理信息与虚拟电厂。

力。根据能源特征,储能和电动汽车共用一套指标,分布式光伏和分散式风电特征相似共用一套指标,FRs 单独一套指标。表 1 为共有指标体系,表 2 为差异指标体系。

表 1 共有指标体系(A类)

一级指标	二级指标
效益 A_1	经济效益 A_{11}
	环境效益 A_{12}
	社会效益 A_{13}
开发状况 A_2	开发状况 A_2
发展潜力 A_3	政策支持 A_{31}
	资金来源 A_{32}
	效益 A_{33}
	剩余资源量 A_{34}
GIS 空间信息 A_4	拓扑关系 A_{41}
	空间位置 A_{42}

表 2 差异指标体系(B类)

能源特征	一级指标	二级指标
分散式风电、 分布式光伏	出力特征 B_1	日负荷率 B_{11}
		日峰谷差率 B_{12}
		日负荷波动率 B_{13}
	可靠性 B_2	达标天数比率 B_{21}
		故障数 B_{22}
电动汽车 和储能	可靠性 B_3	停电时间 B_{31}
		故障次数 B_{32}
	削峰能力 B_4	电池容量 B_{41}
		充放电速率 B_{42}
	放电性能 B_5	循环次数 B_{51}
	使用效率 B_{52}	
FRs	响应能力 B_6	用户意向 B_{61}
		设备容量 B_{62}
		成本 B_{63}
		成功率 B_{64}

2 共有指标选取

2.1 效益指标

效益指标是指有效劳动成果在劳动总成本中的占比。用它作为参与者对项目参与意愿的一个衡量指标。从社会效益、经济效益和环境效益这 3 个维度量化,见表 3。

表 3 效益指标

指标名称	定义
经济效益	$A_{11} = E_{wind} / C_{wind}$
社会效益	$A_{12} = S_{wind} / S$
环境效益	$A_{13} = H_{wind}$

注: E_{wind} 为生产总值; C_{wind} 为生产成本; S_{wind} 为二氧化碳减排量; S 为面积; H_{wind} 为满意度百分比。

2.2 开发状况指标

能源开发状况指标作为虚拟电厂需求侧能源

评估的重要指标之一,用式(1)进行量化。

$$A_2 = \frac{K_{use}}{K_{sum}} \quad (1)$$

式中: A_2 为能源开发状况;评估分散式风电时, K_{use} 为风资源量的可用量, K_{sum} 为风资源的总量;评估分布式光电时, K_{use} 为光资源量的可用量, K_{sum} 为光资源的总量;评估电动汽车和储能时, K_{use} 为电动汽车数量, K_{sum} 为汽车总量;评估 FRs 时, K_{use} 为负荷响应量, K_{sum} 为负荷响应总量。

2.3 发展潜力指标

虚拟电厂建设和投资必然会考虑需求侧能源的发展潜力和周期,因此,发展潜力指标同样是评估需求侧能源的一项重要指标。分别从资金、政策支持力度、资源剩余量和效益这 4 个方面进行发展潜力的量化评估,具体见表 4。

表 4 发展潜力指标

细化指标	定义
政策支持力度	根据政策文件进行评估,分为 1~5 个等级
资金	A_{32}
效益	$A_{33} = Q_1 A_{11} + Q_2 A_{12} + Q_3 A_{13}$
资源剩余量	$A_{34} = 1 - A_2$

注: A_{32} 为支付发展虚拟电厂需求侧能源所提供的资金总额; Q_1 、 A_{11} 、 Q_2 、 A_{12} 、 Q_3 、 A_{13} 分别为经济效益权重及经济效益、环境效益权重及环境效益、社会效益权重及社会效益。

2.4 GIS 空间信息指标

需求侧能源广泛分布在不同的地理空间中,因此天然具备 GIS 空间特征,这里主要将空间拓扑关系和空间位置作为衡量需求侧能源的 GIS 指标。空间拓扑关系描述需求侧能源在现实世界中与其他地理空间要素的实体关系;空间位置描述需求侧能源在真实地理空间的位置信息。对于空间拓扑关系,采用专家打分形式对其量化,见表 5。

空间位置由差值法进行量化,如式(2)所示。

$$A_{42} = \begin{cases} \frac{x'_{ij}}{\max x_{ij} + \min x_{ij}} \\ 1 - \frac{x'_{ij}}{\max x_{ij} + \min x_{ij}} \end{cases} \quad (2)$$

式中: x'_{ij} 为某区域需求侧能源的空间位置; $\max x_{ij}$ 为某区域能源与目标位置的最大空间距离; $\min x_{ij}$ 为某区域能源与目标位置的最小空间距离。

表 5 拓扑关系指标

标准	E	D	C	B	A
得分	0~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0

3 差异指标的选取

3.1 风光能源差异指标

3.1.1 出力特征

出力特征对分散式风电和分布式光伏的消纳有重要参考意义,用最大负荷日作为参考,分别从日负荷波动率、日负荷率和日峰谷差率 3 个方面对风电和光伏的出力特征进行评估,见表 6。

表 6 出力特征指标

差异指标	定义
日负荷率	$B_{11} = F_{av} / F_{max}$
日峰谷差率	$B_{12} = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$
日负荷波动率	$B_{13} = \delta / F_{av}$

注: F_{av} 、 F_{max} 、 F_{min} 、 δ 分别为负荷的均值、最大值、最小值、标准差。

3.1.2 可靠性

记日最大平均负荷为 F , 定义 $0.8F$ 为阈值,用故障次数和满足阈值的天数用作分散式风电和分布式光伏的可靠性评估指标,其定义见表 7。

表 7 可靠性指标

差异指标	定义
达标天数比率	$B_{21} = T_{th} / 365$
故障数	B_{22}

注: T_{th} 为满足阈值天数。

3.2 电动汽车和储能差异指标

3.2.1 可靠性

分别用一年中停电总时间和故障总次数评估电动汽车和储能的可靠性,分别记为 B_{31} 和 B_{32} 。

3.2.2 削峰能力

削峰能力是电动汽车和储能的一个重要指标。这里采用电池容量和充放电速率作为评估电动汽车和储能差异指标,见表 8。

表 8 削峰能力指标

差异指标	定义
电池容量	B_{41}
充放电速率	B_{42}

3.2.3 放电性能

用使用效率和循环次数作为评估参数。指标定义见表 9。

表 9 放电性能指标

差异指标	定义
循环次数	B_{51}
使用效率	$B_{52} = G_r / G_i$

注: G_r 为释放的能量; G_i 为存储的初始能量。

3.3 FRs 差异指标

用设备容量、响应成功率、响应成本和用户意愿作为 FRs 的差异指标。以对用户意愿进行量化评估为例,分别对商业、居民、工业、公共 4 种用户类型进行分类,并将该区域用户意愿按照 1~5 共 5 个级别进行量化评估,然后再乘以每种用户类型在总用户中占比,即得到该地区每个特定用户类型的用户意愿值。具体评估定义方法见表 10。

表 10 FRs 差异指标

用户类型	用户实例	响应意愿	响应容量	响应成功率	响应成本
公共用户	办公、学校	1,2	1	1,2	1
	超市、商场、酒店	1,2	3	1,2	3,4
商业用户	纺织	4	4	3,4	2,3
	水泥	3,4	4	3,4	2,3
	钢铁	1,2	2,3	1,2	5
工业用户	机械	1,2	3,4	1,2	4,5
居民用户	居民区	4,5	1	4,5	1

4 评估模型确定

4.1 评估指标标准化

采用阈值法对各类评估指标进行无量纲处理。阈值法是用指标实际值和阈值的比值对各类能源指标进行量化评估处理,定义如下。

假设有 i 个地区, j 个评估指标,则 σ_{ij} 表示第 i 个地区的第 j 个评估指标的指标值。

正向指标:

$$\delta'_{ij} = \frac{\sigma_{ij} - \min(\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \dots, \sigma_{mj})}{\max(\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \dots, \sigma_{mj}) - \min(\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \dots, \sigma_{mj})} \quad (3)$$

负向指标:

$$\delta'_{ij} = \frac{\max(\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \dots, \sigma_{mj}) - \sigma_{ij}}{\max(\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \dots, \sigma_{mj}) - \min(\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \dots, \sigma_{mj})} \quad (4)$$

4.2 共有指标权重计算

用层级分析法对同层指标分别进行比较,使用 1~9 数字及其倒数作为权重值组成矩阵 A , 定义方式见表 11。

表 11 矩阵定义方法

标准	定义
1	具有相同重要性
3	前者比后者稍重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者强烈重要
9	前者比后者极端重要
2,4,6,8	介于上述判断的中间值
倒数	因素 m 与因素 n 重要性比为 X_{mn} , 则因素 n 与因素 m 重要性比为 $1/X_{mn}$

检验一致性,如式(5)、式(6)所示。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

式中: λ_{\max} 为判断矩阵 A 的最大特征值; n 为判断矩阵 A 的阶; CI 为一致性指标; RI 为平均随机一致性指标, RI 的取值见表 12。

表 12 平均随机一致性

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

最后,计算层次分析法权重向量 W , 对 W 归一化处理得到 W_A 。

$$W_A = \lambda_{\max} W \quad (7)$$

4.3 差异指标权重计算

采用熵权法对各类差异指标进行量化,计算方式如下。

(1) 假设有 i 个区域、 j 个差异指标,则 P_{ij} 为第 i 个区域、第 j 项差异指标的比值,定义如下:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^i X_{ij}} \quad (8)$$

式中: X_{ij} 为第 i 个区域、第 j 项差异指标。

(2) 计算各差异指标的熵值 e_j 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^i P_{ij} \ln P_{ij} \quad (9)$$

(3) 计算各差异指标的差异系数 g_j 。

$$g_j = 1 - e_j \quad (10)$$

(4) 计算各差异指标的权重 W_{Bj} 。

$$W_{Bj} = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^j g_j} \quad (11)$$

4.4 综合评估模型

将指标体系中的 5 种虚拟电厂需求侧能源 A

类指标和 B 类指标的量化值与指标权重值求和计算,即得到各种能源指标的综合得分,计算公式为

$$f_A = \sum W_{Aj} X_{Aj} \quad (12)$$

$$f_B = \sum W_{Bj} X_{Bj} \quad (13)$$

以储能为例,式(12)、式(13)中: W_{Aj} 为储能 A 类指标的第 j 项指标权重; X_{Aj} 为储能 A 类指标第 j 项指标量化值; f_A 为储能 A 类指标的综合得分; W_{Bj} 为储能 B 类指标的第 j 项指标权重; X_{Bj} 为储能 B 类指标第 j 项指标量化值; f_B 为储能 B 类指标的综合得分。

5 算例分析

5.1 评估指标标准化

选取某区域地理空间 10 个地区作为评估对象,以光伏和风电的 A 类共有指标为例,按照式(3)和式(4)计算,经济效益 A_{11} 、环境效益 A_{12} 、社会效益 A_{13} 、开发状况 A_2 、政策支持 A_{31} 、资金来源 A_{32} 、效益 A_{33} 、剩余资源量 A_{34} 、拓扑关系 A_{41} 、空间位置 A_{42} 结果见表 13。

5.2 共有指标权重计算

由式(7)计算 A 类指标权重值,计算结果见表 14。

表 14 A 类指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重
效益 A_1	0.438 1	经济效益 A_{11}	0.658 3
		环境效益 A_{12}	0.223 7
		社会效益 A_{13}	0.118 0
开发状况 A_2	0.143 3	开发状况 A_2	1.000 0
发展潜力 A_3	0.252 4	政策支持 A_{31}	0.217 9
		资金来源 A_{32}	0.336 5
		效益 A_{33}	0.214 2
		剩余资源量 A_{34}	0.231 4
GIS 空间信息 A_4	0.166 2	拓扑关系 A_{41}	0.230 3
		空间位置 A_{42}	0.769 7

表 13 光伏 A 类指标结果

编号	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_2	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{34}	A_{41}	A_{42}
0	0.696 8	0.046 6	0.070 2	0.025 6	0.384 1	0.346 9	0.076 9	0.354 8	0.409 9	0.839 0
1	0.290 2	0.562 5	0.389 4	0.981 2	0.655 2	0.467 8	0.305 7	0.901 5	0.244 9	0.495 8
2	0.984 4	0.966 3	0.972 1	0.291 9	0.103 3	0.760 2	0.760 3	0.462 4	0.674 6	0.144 8
3	0.049 0	0.606 0	0.670 6	0.690 0	0.679 2	0.552 6	0.112 6	0.189 1	0.180 3	0.869 4
4	0.424 5	0.551 6	0.334 1	0.676 7	0.850 4	0.407 3	0.653 0	0.225 1	0.714 5	0.109 2
5	0.107 8	0.261 1	0.434 0	0.756 5	0.027 8	0.260 4	0.020 4	0.048 1	0.327 1	0.398 1
6	0.182 3	0.847 1	0.342 8	0.532 8	0.825 4	0.955 0	0.601 0	0.213 2	0.872 6	0.671 3
7	0.175 5	0.567 4	0.798 2	0.622 9	0.750 1	0.351 3	0.634 3	0.767 0	0.349 0	0.972 5
8	0.981 9	0.523 9	0.917 5	0.400 4	0.990 9	0.734 8	0.302 4	0.240 8	0.573 3	0.431 9
9	0.207 7	0.538 5	0.433 2	0.043 1	0.439 4	0.828 5	0.796 4	0.988 3	0.814 4	0.272 2

5.3 差异指标权重计算

根据式(8)~式(11)计算虚拟电厂需求侧能源差异指标权重,如图 1 所示。

5.4 综合评估结果

根据已计算出的 A 类指标权重和 B 类指标权重,由式(12)、式(13)即得到某区域地理空间 10 个地区 A 类指标和 B 类指标的综合得分,如图 2 所示。

由图 2 可知,编号 2 地区 A 类指标光伏得分较高,储能和风电 A 类指标得分相当,FRs 得分较低;B 类指标风电得分较高,储能得分次之,电动汽车和储能得分相当,FRs 得分最低;即参与 VPP 资源聚合中首选光伏 A 类指标和风电 B 类指标。编号 3 地区 A 类指标电动汽车较为出色,风电指

标得分也较高,光伏、储能和 FRs 得分相当,整体各能源指标较为均衡;B 类指标电动汽车指标得分较为不足;即参与 VPP 资源聚合中首选电动汽车 A 类指标和储能 B 类指标。编号 5 地区 A 类指标 FRs 指标得分较高,储能、电动汽车和光伏指标得分相当;B 类指标 FRs 和电动汽车指标得分较高,储能、风电和光伏相对较弱;即参与 VPP 资源聚合中首选 FRs A 类指标和 B 类指标。编号 9 地区 A 类指标电动汽车得分较高,光伏次之,风电和储能相当;B 类指标储能得分较高,FRs 次之,光伏、风电和电动汽车相当;即参与 VPP 资源聚合中首选电动汽车 A 类指标和储能 B 类指标,此外,编号 9 地区相较于其他地区资源分布相对平衡、资源整体分布较好。

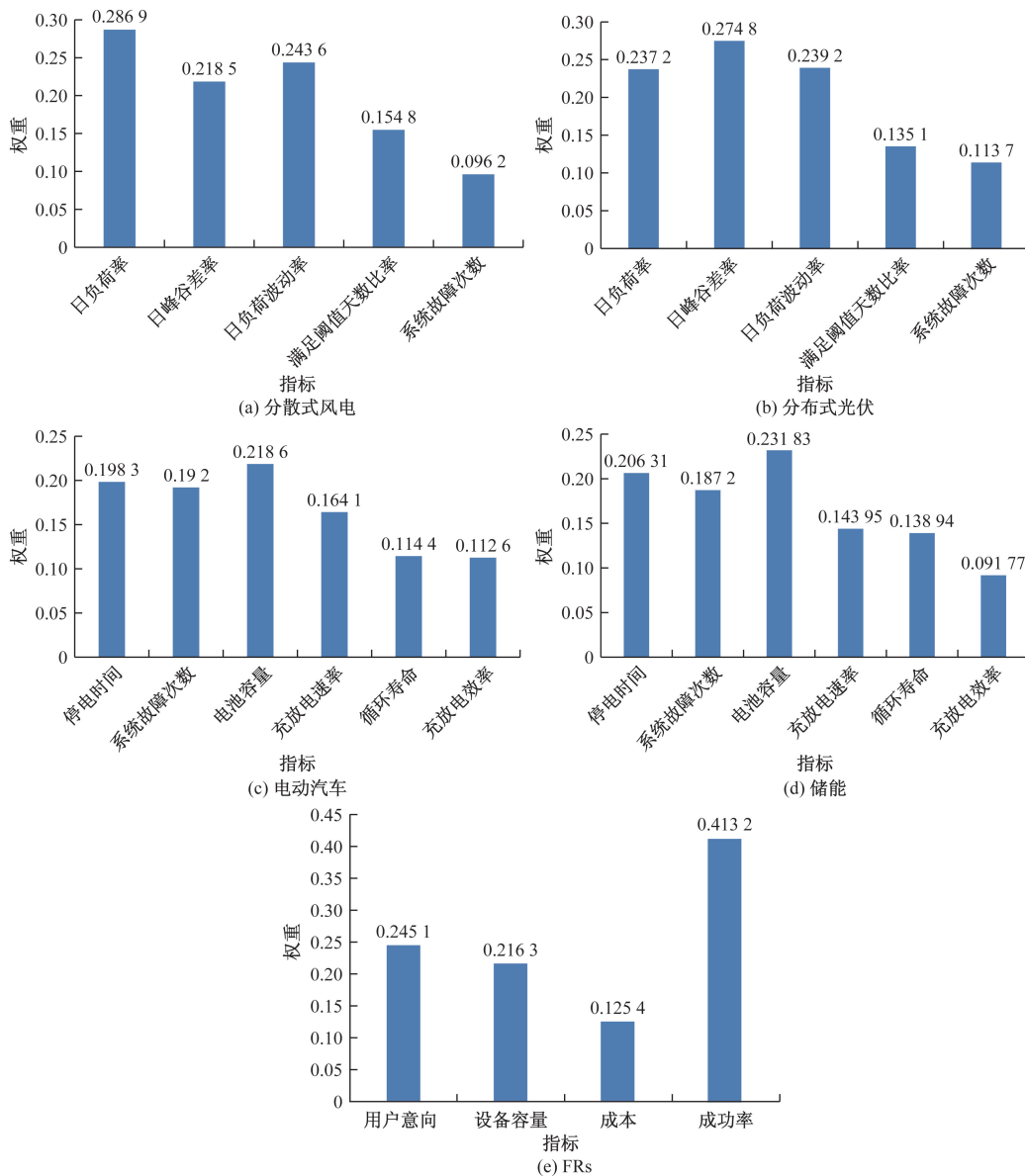


图 1 B 类指标权重

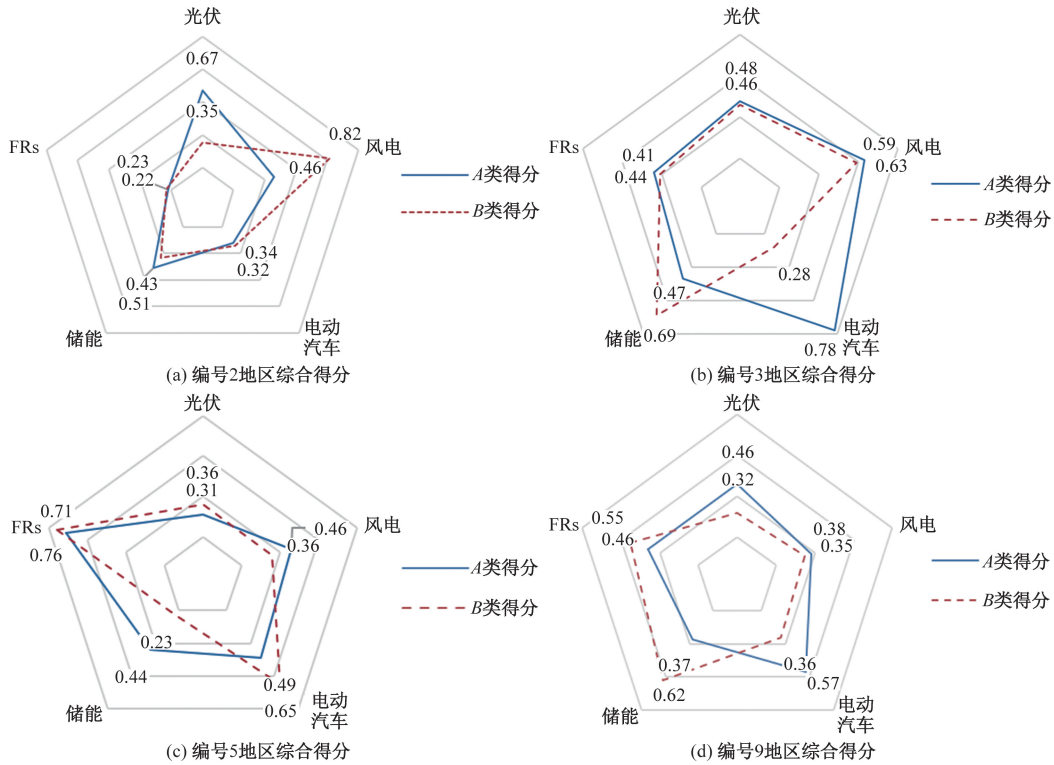


图 2 某区域部分地区综合得分

10 个地区的综合评估结果见表 15, 编号表示某地理空间 10 个地区编号, 分别包括光伏 A 类指标、风电 A 类指标、电动汽车 A 类指标、储能 A 类指标、FRsA 类指标以及光伏 B 类指标、风电 B 类指标、电动汽车 B 类指标、储能 B 类指标和 FRsB 类指标。结合图 2 和表 15 可以看出, 各区域指标得分和综合评估结果基本符合各区域能源构成和能源分布特征, 且兼顾了各区域中能源在地理空间上的分布, 同时也反映出该评估模型较好。

6 结论

结合虚拟电厂需求侧能源的地理空间特征, 提

出了基于 GIS 的需求侧能源评估模型。通过分析需求侧能源的构成, 建立了评估模型的指标体系; 根据能源指标的特征, 建立了 GIS 空间指标、效益指标、能源开发指标、发展潜力指标的量化方法, 同时建立了风光能源差异指标、电动汽车和储能差异指标、灵活负荷资源差异指标的量化方法; 实现了对评价指标的标准化、共有指标权重计算、差异指标权重计算, 建立了综合评估模型。并通过算例分析, 检验了评估模型的有效性和可靠性。研究成果可为虚拟电厂建设的中短期资源优化聚合及长期优化规划提供科学方法和技术支撑。

表 15 综合评估结果

编号	光伏 A 类	风电 A 类	电动汽车 A 类	储能 A 类	FRsA 类	光伏 B 类	风电 B 类	电动汽车 B 类	储能 B 类	FRs B 类
0	0.30	0.83	0.76	0.72	0.57	0.25	0.66	0.87	0.64	0.68
1	0.53	0.32	0.27	0.69	0.27	0.75	0.39	0.72	0.62	0.73
2	0.67	0.46	0.32	0.51	0.22	0.35	0.82	0.34	0.43	0.23
3	0.48	0.63	0.78	0.47	0.44	0.46	0.59	0.28	0.69	0.41
4	0.49	0.55	0.54	0.53	0.26	0.83	0.28	0.38	0.41	0.14
5	0.31	0.46	0.49	0.44	0.71	0.36	0.36	0.65	0.23	0.76
6	0.57	0.25	0.41	0.61	0.34	0.73	0.15	0.53	0.83	0.78
7	0.58	0.61	0.43	0.45	0.47	0.74	0.77	0.33	0.29	0.37
8	0.64	0.39	0.39	0.74	0.58	0.41	0.31	0.62	0.47	0.66
9	0.46	0.38	0.57	0.37	0.46	0.32	0.35	0.36	0.62	0.55

参考文献

- [1] 吴宣儒, 李萍. 考虑电动汽车及需求侧响应的综合能源系统优化调度[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(9): 3585-3593.
- [2] 卫璇, 潘昭光, 王彬, 等. 云管边端架构下虚拟电厂资源集群与协同调控研究综述及展望[J]. 全球能源互联网, 2020, 6(3): 539-548.
- [3] 刘健, 刘雨鑫, 庄涵羽. 虚拟电厂关键技术及其建设实践[J]. 综合智慧能源, 2023, 45(6): 59-64.
- [4] 任大伟, 肖晋宇, 侯金鸣, 等. 双碳目标下我国新型电力系统的构建与演变研究[J]. 电网技术, 2022, 40(10): 3831-3839.
- [5] 张波, 胡卫军, 王健, 等. 面向虚拟电厂的需求响应潜力评估方法研究[J]. 浙江电力, 2023, 42(6): 79-83.
- [6] 于泓维, 赵博. 虚拟电厂多分布式资源的随机优化调度[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2023, 3(19): 6-12.
- [7] 杨莘博, 谭忠富, 林宏宇, 等. 计及需求响应及储能聚合商的分布式农村清洁能源系统运行优化模型[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(12): 3319-3334.
- [8] 邱红桦, 崔双喜, 樊俊杰. 考虑需求侧响应的综合能源系统可靠性评估[J]. 现代电子技术, 2023, 46(3): 130-135.
- [9] 李军祥, 陈鸣, 邵馨平. 基于信息间隙决策理论的虚拟电厂低碳需求响应调度模型[J/OL]. 中国管理科学, 1-13 [2024-11-08]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.2161>.
- [10] 谭丽丽, 曲娜, 韩磊, 等. 基于 GIS-SAVEE 模型的工业型城市火灾风险评估[J]. 防灾科技学院学报, 2023, 25(2): 97-102.
- [11] 白仙富, 杨志全, 罗伟东, 等. 基于 GIS 和多变量决策树的地震滑坡道路中断风险应急评估模型[J]. 地震研究, 2023, 46(3): 343-352.
- [12] 李先锋, 胡晨刚, 高振宇, 等. 基于多特征融合的 GIS 隔离开关接触状态评估方法[J]. 热力发电, 2023, 52(5): 22-27.
- [13] 朱广贺, 朱智强, 袁逸萍. 基于时序模型和深度学习的设备故障上限评估算法[J]. 吉林大学学报(工学版), 2024, 54(8): 2348-2354.

Virtual Power Plant Demand-side Energy Assessment Model Combined with GIS

LI Shilei

(Tong Fang Smart Energy Co., Ltd., Beijing 100089, China)

Abstract: In order to make the virtual power plant (VPP) better integrate resources, and then realize product packaging and market transactions, using the natural geographic space attributes of energy resources to combine the demand-side energy of the virtual power plant with GIS (geographic information system) combined, a GIS-based evaluation model for demand-side energy is proposed. The composition of demand-side energy was analyzed, and the index system of the evaluation model was established. The index system of the evaluation model was refined, the common index and difference index were proposed, and the quantification method was given. AHP, entropy weight method and weighted sum are used to realize the calculation method of the standardization of evaluation indicators, the weight of common indicators, the weight of difference indicators and the evaluation model. The evaluation model method was analyzed through the data of 10 regions to provide quantitative methods and scientific support for the construction of virtual power plants for resource optimization aggregation.

Keywords: geographical information; GIS (geographic information system); virtual power plant (VPP); demand-side energy; evaluation model