DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2018.02.019

许沛华[1,2]　陈正洪[1,2]　王明生[3]　许杨[1,2]

# 省级风能资源信息管理及辅助决策平台研制

**摘要**

风能资源的开发在湖北省已呈迅猛发展之势,但全省缺乏统一的风能资源开发的信息管理平台,不利于省级能源主管部门的科学决策和审批,亟需建立一套基于GIS技术的全省风能资源信息管理平台.在此背景下,以湖北省境内的测风数据、风能资源评估报告、风电场发电量数据、地理基础数据、高分辨率的高程数据和遥感影像数据等为基础,结合气象站数据、风能资源数值模拟数据,实现对全省风电项目建设进度的跟踪管理、测风数据的管理、风能资源分布的查询、实时数据的监控,再综合应用这些数据,通过MapGIS强大的空间分析功能,充分挖掘有价值的信息,实现了风电场的选址及辅助决策功能.

**关键词**

风电项目;动态管理;空间分析;风电场选址;辅助决策

**中图分类号** TK513.5

**文献标志码** A

**收稿日期** 2016-08-16

**资助项目** 湖北省2014年财政项目(2013000076100033)

**作者简介**

许沛华,主要从事气象信息系统工程应用及新能源应用研究.xphboxky@126.com

1 湖北省气象服务中心,武汉,430074
2 湖北省气象能源技术开发中心,武汉,430074
3 中地数码集团,武汉,430074

## 0 引言

在全国风电快速发展的大背景下,各大风电企业竞相进驻湖北开发风能资源,湖北省各类风电项目已达150多个,总装机容量达到400多万kW,风电已成迅猛发展之势.但由于历史原因,风电场及风能资源观测数据呈分散状态,缺乏统一管理,更没有省级的风电场和风能资源可视化管理平台,在风电场宏观选址方面主观随意性强,不利于能源主管部门科学决策.

利用知识模型驱动的GIS辅助决策系统(DSS)已在各行各业得到了广泛的应用,如刘盛和等[1]利用GIS空间分析方法实现了土地利用动态变化的空间分析测算模型,杨密[2]基于WebGIS的城市电网规划辅助决策系统的设计与研究,郑朝洪等[3]提出了基于GIS的旅游度假区区位选址分析等.在风电场宏观选址方面,邓院昌等[4]对风电场宏观选址中地形条件的分析与评价进行了研究,周二雄等[5]、陶奕衫等[6]分别对风电场宏观选址的综合决策展开了研究,谢今范等[7]对数值模拟技术在风电场宏观选址中的应用进行了深入研究,而将GIS空间分析技术用于省级风能资源信息管理并开发出系统的却不多见.

针对上述问题,本文基于GIS技术建立了湖北省风能资源信息管理及辅助决策平台,实现了对风电项目的动态跟踪管理,并对测风数据、发电量数据及历史数据进行综合管理.在此基础上,分析和筛选对风场选址影响较大的因子并赋予不同的权重,然后结合高分辨率的地理高程数据和遥感影像数据进行空间分析,计算所选风场推荐开发的等级指数并生成选址报告,为政府科学决策提供技术支撑.

## 1 系统设计

### 1.1 数据准备

平台中需要大量的GIS数据,如湖北省的行政区划、水系、道路、保护区、景点、矿藏、文物、居民区、高分辨率的高程数据(DEM)和影像数据等基础地理信息资料.全省影像数据使用空间分辨为16 m的数据,由于随州市和利川市两地风能资源较好,所以使用了更高分辨率的影像数据.另外还包括全省风电场的坐标及边界,全省的风能资源数值模拟数据等内容.采用不同的图层对这些数据进行分类管理,各类GIS数据如表1所示,类型SHP为基于文件方式存储的GIS文

件,DEM 为数字高程模型文件,BIN 为采用二进制存储的影像文件.

**表 1 GIS 数据**

Table 1 GIS data

| 名称 | 类型 | 分辨率/m | 说明 |
|---|---|---|---|
| 行政区划 | SHP | 500 | 市、县、乡名称及边界 |
| DEM 数据 | DEM | 90 | 全省 |
| 影像数据 1 | BIN | 2.5 | 随州、利川 |
| 影像数据 2 | BIN | 16 | 全省 |
| 水系 | SHP | 500 | 河流、湖泊、水库 |
| 道路 | SHP | 500 | 高速、国道、乡道 |
| 风电场 | | | 坐标及边界 |
| 数值模拟数据 | | 70 | 全省 |

除了 GIS 数据外,系统中还需要对一些多源数据进行融合管理,主要有风场的基本信息(项目名称、开发企业、拐点坐标、核准文号、当前状态、装机容量、建成投产时间等)及投产运行的风电场实时发电功率数据、勘测选址和运行保障的测风塔数据、国家站与区域自动站实时数据、风能评估报告等.将这些数据进行数据库的规范化设计后进行统一存储和管理.

### 1.2 网络结构图

网站服务器、数据库服务器、GIS 服务器和文件服务器(FTP 服务器)部署于湖北省气象服务中心,系统中所需要的数据从分布于全省的各个风电场、测风塔进行实时采集,此外,还要与省能源主管部门和企业用户进行联接,各部门之间采用互联网进行互联.FTP 服务器接受来自全省各风电场的实时数据的上传,授予权限的用户使用硬件加密狗和密码方式对系统进行访问.系统的网络拓扑结构如图 1 所示.

### 1.3 系统功能设计

管理平台分为数据采集和业务管理系统 2 大部分,数据采集子系统使用 C/S 结构,业务管理子系统采用 B/S 结构.业务子系统共分为 5 个功能模块,分别为风电场和测风塔的基本信息管理、实时数据监控、资源查询、辅助决策及系统配置 5 大功能模块,如图 2 所示.GIS 平台使用 MapGIS 10.0,数据库使用 SQL SERVER2008 R2.

## 2 风电场辅助选址

风电场辅助选址是本平台的一项重要的功能,

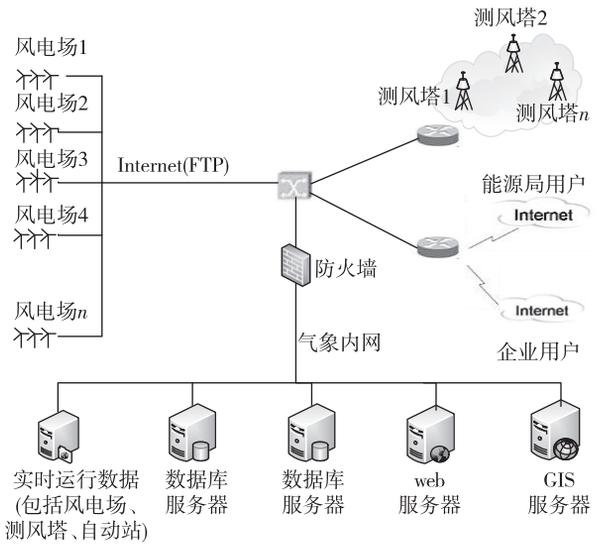



图 1 网络结构

Fig. 1 Network architecture

风电场的选址需要对大量的地理数据进行收集、分析、整理.传统的选址方法枯燥乏味,空间分析效率低下,缺乏直观性.GIS 空间分析使用各种技术手段对空间数据进行处理变换,以抽取出隐含于各空间实体中的某些关系,并采用文字和图形方式进行直接表达,为各种决策应用提供合理、科学的技术支持[8].

风电场辅助选址需要多源数据进行整合和分析,挖掘出有价值的信息.空间分析包含确定地理数据特征类型.GIS 空间关系通常是用连通性、方向性、邻接性、密闭度来描述的[9-10].

### 2.1 风电场选址影响因子分析

1)风能资源条件.风电场选址时,所选区域的风能资源是最重要的影响因子.系统充分考虑风能资源的可开发条件,综合分析周边 50 km 内的测风塔的长年代平均风速、长年代平均风功率密度,参考周边国家站及区域站的常年平均风速结果,结合 70 m 高度的 1 km 分辨率模拟年平均风功率密度和风速,然后通过 GIS 的专题统计功能分析区域的历年风速.

2)土地利用类型.对土地利用类型进行分类,按照风电场选址的特点,可将土地利用类型分为沙裸地、草地、耕地、风电场、林地、集中居民点、河流/水库、自然保护区、风景名胜区、军事敏感区和文物保护区、压矿区等.然后再分为有利于和不利于风电场开发两类,如沙裸地比较适合开发,草地较适宜开发,而耕地、居民点、军事敏感区、自然保护区等则不

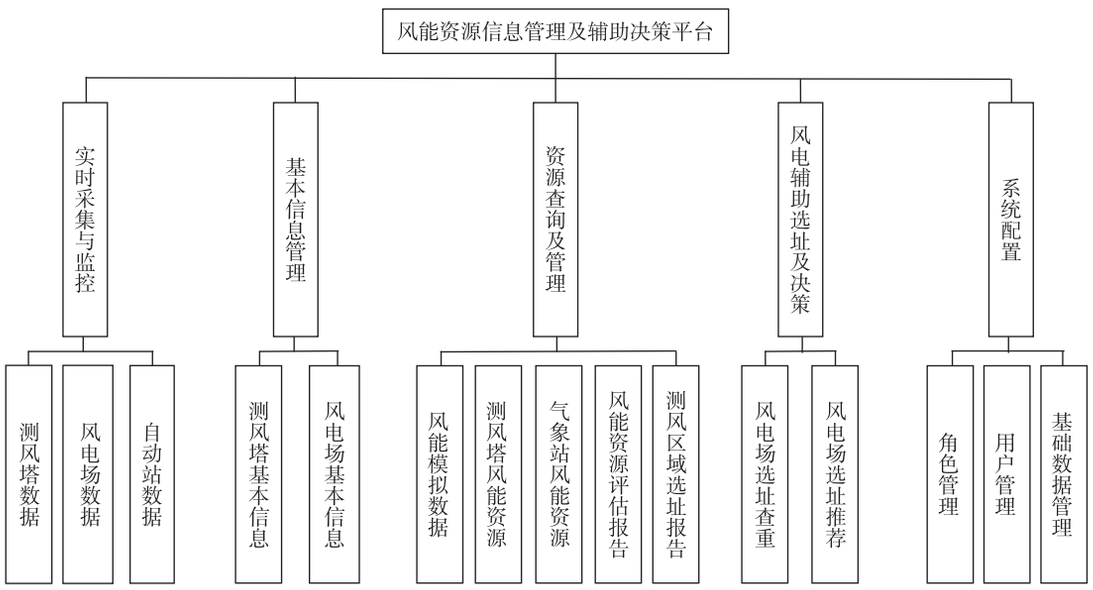



图 2　系统功能模块

Fig. 2　System function modules

利于开发,如与已建风电场重叠也不适合开发[3].

3)地形地貌.地形地貌条件是另外一个重要的影响因子.过陡的坡面会带来道路和场地平整工程和大量的土方工作,也不适于风机吊装作业等,一般认为地形起伏度小于 300 m,坡度小于 10°较适合风电场的开发[4].

4)场地的可进入性(交通运输条件).风电场的建设涉及到叶片、塔筒等设备的运输和安装,对场址的交通运输条件要求较高.基于选择的场址距离最近的交通主干道的距离进行计算,如国道、省道、高速公路等,采用 MapGIS 的 Distance Analyse 进行距离分析.

5)基础设施条件.风电场发电后需要就近并网输出,附近有升压站的场址是值得选择的,可以减少升压站建设的时间和财力成本.一般来说,升压站越远,建设成本就会越高,所以采用 MapGIS 的 Distance Analyse 进行距离分析.

根据各个影响因子设置权重值,通过 GIS 进行分析计算,最后得出一个所选场址的推荐开发指数 $R_c \in [1,10]$,将指数分为 A、B、C、D 4 个等级[8],如表 2 所示.

### 2.2　辅助选址报告

对于给出的待选风场拐点坐标,使用 MapGIS 的空间置叠分析功能,判断与已开发风电场区域是否重叠及重叠面积,计算所选区域的占地面积,通过空间综合分析得出包含风能资源条件、地形地貌、土地利用类型、交通运输条件、基础设施条件等影响因子的选址报告,如表 3 所示,再结合专家知识库判定场地的可开发性.

**表 2　所选场址推荐开发等级**

Table 2　Recommended development levels of the chosen site

| 开发等级 | 说明 | 推荐开发指数阈值($R_c$) |
|---|---|---|
| A | 非常适合开发 | $8 \leqslant R_c$ |
| B | 较适合开发 | $7 \leqslant R_c < 8$ |
| C | 一般适合开发 | $6 \leqslant R_c < 7$ |
| D | 不适合开发 | $R_c < 6$ |

## 3　系统应用

该平台能够对全省风能资源项目的建设进度进行动态跟踪和管理,省级能源主管部门可通过系统查看全省风资源的分布、风电场的建设进度、已建成风电场的运行情况,也可以按企业和区域进行组合查询,生成各类统计图表,对数据进行综合分析与统计,进行风电场的辅助选址等.

这些大量的基础数据结合 GIS 空间分析技术,生成风电场的辅助选址分析报告,如给定某待选风场的坐标串,系统自动计算得到所选区域的地形地貌数据和图示,地形起伏<300 m,坡度<10°,如图 3 所示;70 m 高度的 1 km 分辨率的模拟年平均风速范围为 5.31 ~ 6.05 m/s,风功率密度范围为 191.2 ~ 233.03 W/m$^2$,分别如图 4 和图 5 所示.通过综合分析场址的可入性(交通条件)、土地利用类型等其他

**表 3　辅助选址报告**

Table 3　Assisstant site-choosing report

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 拐点坐标 | 经纬度坐标串(每组以分号分隔) | | | 开发面积/km² | | |
| 是否重叠 | 是/否 | 重叠风场名称 | 风场名 | 重叠面积/km² | | |
| 地形地貌 | 地形起伏/m,坡度/(°) | | 基础设施 | 距最近并网接入点距离/km | | |
| 土地利用类型 | 适合开发类型:沙裸地、草地、林地等<br>不适合开发类型:耕地、风电场、集中居民点、河流/水库、自然保护区、风景名胜区、军事敏感区、文物保护区、压矿区等 | | | | | |
| 风能资源状况 | 周边 50 km 测风塔状况 | | | | | |
| | 塔号 | 经纬度 | 长年平均风速/(m/s) | 长年平均风功率密度/(W/m²) | 距离/km | |
| | 塔号 1 | ? | ? | ? | ? | |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | |
| | 周边 50 km 内国家站及区域站状况 | | | | | |
| | 站号 | 站名 | 经纬度 | 海拔 | 常年风速/(m/s) | 去年风速/(m/s) | 距离/km |
| | 站号 1 | 站名 1 | ? | ? | ? | ? | ? |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 70 m 高度数值模拟结果 | | | | | |
| | 风速/(m/s) | 风速范围 | 风功率密度/(W/m²) | 风功率密度范围 | | |
| 交通 | 类别 | 最短距离/km | 最远距离/km | 最小方位/(°) | 最大方位/(°) | |
| | 乡道/省道/国道/高速 | ? | ? | ? | ? | |
| 推荐开发指数 | A/B/C/D | | | | | |

影响因子,系统判定所选场址推荐开发等级为 B,即较适合开发.但在实际开发过程中,还需要结合专家经验进行综合判定,弥补 GIS 系统在模型分析方面能力的不足.

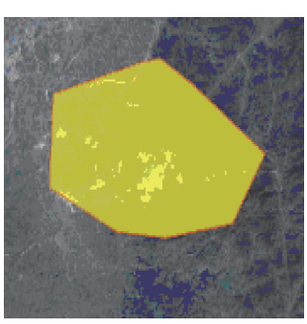


图 3　所选场址地形地貌

Fig. 3　Topographic features of the chosen site

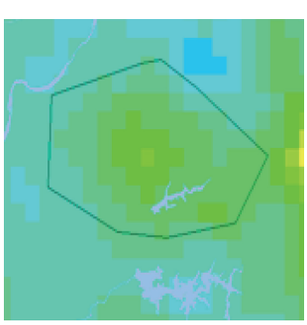


图 4　70 m 高度风速分布(m/s)

Fig. 4　Wind speed distribution at 70 m height(m/s)

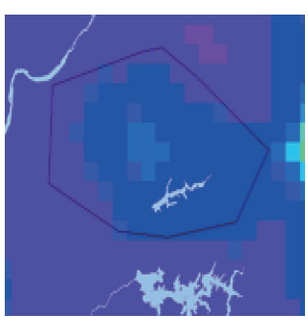


图 5　70 m 高度风功率密度分布(W/m²)

Fig. 5　Wind power densities distribution at 70 m height (W/m²)

## 4　结论

本文对建设省级风能资源信息管理系统的数据准备、系统方案设计、系统功能设计、风电场选址的重要影响因子分析和风场推荐开发等级指标、风电场辅助选址决策报告设计等方面进行了尝试和探讨.通过系统使用和实例验证,平台能够较好地满足湖北省风能资源信息管理及辅助决策的需要,同时也为其他省份风能资源信息管理与辅助决策平台建设提供了思路和解决办法.

## 参考文献

References

[1]　刘盛和,何书金.土地利用动态变化的空间分析测算

模型[J].自然资源学报,2002,17(5):533-539
LIU Shenghe, HE Shujin. A spatial analysis model for measuring the rate of land use change[J].Journal of Natural Resources,2002,17(5):533-539
[2] 杨密.基于 WebGIS 的城市电网规划辅助决策系统的设计与研究[D].重庆:重庆大学自动化学院,2010
YANG Mi. Design and research of assistant decision system for urban power network planning based on WebGIS[M]. Chongqing: College of Automation, Chongqing University,2010
[3] 郑朝洪,陈文成.基于 GIS 的旅游度假区区位选址分析[J].测绘科学,2010,35(2):180-182
ZHENG Chaohong, CHEN Wencheng. Choosing sites for developing resorts [J]. Science of Surveying and Mapping,2010,35(2):180-182
[4] 邓院昌,余志,钟权伟.风电场宏观选址中地形条件的分析与评价[J].华东电力,2010,38(8):1244-1247
DENG Yuanchang, YU Zhi, ZHONG Quanwei. Analysis and evaluation on topographic condition for macroscope choice of a wind farm location[J]. East China Electric Power,2010,38(8):1244-1247
[5] 周二雄,李凤婷,朱贺,等.风电场宏观选址综合决策的研究[J].太阳能学报,2015,36(6):1448-1452
ZHOU Erxiong, LI Fengting, ZHU He, et al. Research on comprehensive decision-making of wind farm macro-siting [J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2015, 36 (6): 1448-1452
[6] 陶奕衫,闫广新,王建军,等.风电场宏观选址综合决策方法的研究[J].四川电力技术,2014,37(2):27-30
TAO Yishan, YAN Guangxin, WANG Jianjun, et al. Research on comprehensive decision-making methods for macroscopic choice of a wind farm location[J]. Sichuan Electric Power Technology,2014,37(2):27-30
[7] 谢今范,王玉昆,张亮,等.数值模拟技术在风电场宏观选址中的应用[J].气象与环境学报,2013,29(5):148-153
XIE Jinfan, WANG Yukun, ZHANG Liang, et al. The application of numerical simulation technique to macrositing of wind farm[J]. Journal of Meteorology and Environment,2013,29(5):148-153
[8] 刘耀林.从空间分析到空间决策的思考[J].武汉大学学报(信息科学版),2007,32(11):1050-1054
LIU Yaolin. Thinking from spatial analysis to spatial decision-making[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University,2007,32(11):1050-1054
[9] 朱欣娟,石美红,薛惠锋,等.基于 GIS 的空间分析及其发展研究[J].计算机工程与应用,2002,38(18):62-63
ZHU Xinjuan, SHI Meihong, XUE Huifeng, et al. Research of GIS-based spatial analysis and its development [J]. Computer Engineering and Applications,2002,38(18):62-63
[10] 朱会义,何书金,张明.土地利用变化研究中的 GIS 空间分析方法及其应用[J].地理科学进展,2001,20(2):104-110
ZHU Huiyi, HE Shujin, ZHANG Ming. GIS spatial analysis and its application in the research of land use change [J]. Progress in Geography, 2001, 20 (2): 104-110

# Development of provincial wind energy resources information management and assistant decision platform

XU Peihua[1,2] CHEN Zhenghong[1,2] WANG Mingsheng[3] XU Yang[1,2]
1 Hubei Meteorological Service Center, Wuhan 430074
2 Meteorological Energy Development Center of Hubei Province, Wuhan 430074
3 Zondy Cyber Company, Wuhan 430074

**Abstract** Wind energy is to play a larger role in providing electricity to industrial and domestic consumers in Hubei province. Yet there is no provincial wind data management platform in Hubei, which is an obstacle for scientific decision-making and quick examination & approval of wind energy development projects. Therefore a provincial wind energy information management platform is proposed in this paper based on GIS technology. Basic information at provincial level including wind observation data, wind energy resources assessment report, wind farm power generation, geographic information, high resolution digital elevation and remote sensing images, are combined with meteorological data, wind energy resources numerical simulation data and power dispatching data, to realize functions including progress tracking of wind power projects, management of wind observation data, query of wind energy resources distribution, etc. Then the MapGIS is employed to analyze and mine the information, with purpose to assist scientific decision-making and development of wind energy projects.

**Key words** wind power project; dynamic management; spatial analysis; wind farm site choosing; assistant decision