

“十三五”国家重点图书出版规划项目

# 大数据技术与应用

丛书主编  
朱扬勇 吴俊伟

# Big Data

Technology and Application Series

徐继业 朱洁华 王海彬  
主编

# 气象 大数据



上海科学技术出版社



大数据技术与应用

# 气象大数据

徐继业 朱洁华 王海彬  
主编

上海科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

气象大数据 / 徐继业,朱洁华,王海彬主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2018. 10  
(大数据技术与应用)  
ISBN 978 - 7 - 5478 - 4087 - 0

I. ①气… II. ①徐… ②朱… ③王… III. ①气象数据—数据处理 IV. ①P416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 151212 号

气象大数据

徐继业 朱洁华 王海彬 主编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www. sstp. cn)

印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.25  
字数 300 千字  
2018 年 9 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷  
ISBN 978 - 7 - 5478 - 4087 - 0/P · 32  
定价: 80.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

# 内容提要

《气象大数据》着眼于气象与大数据技术发展的最新动向,结合大数据技术在气象的应用现状和未来趋势,通过充分调查和研究,全面、深入地分析了气象大数据的理论、支撑技术,并对气象大数据在典型行业的应用做了分析。

《气象大数据》一书分为 9 章。第 1 章介绍气象大数据时代的机遇和挑战;第 2 章介绍气象的数据资源;第 3 章介绍气象大数据技术;第 4 章介绍气象大数据安全;第 5 章介绍气象大数据在电力能源领域的应用;第 6 章介绍气象大数据在公路交通中的应用;第 7 章介绍气象大数据在航空工业中的应用;第 8 章介绍气象大数据在人体健康和保险领域的应用;第 9 章介绍气象大数据的发展趋势。书末还附有气象数据核心元数据字典和代码表资料。

本书基于气象应用业务的实践,围绕气象大数据的概念、技术和应用,注重实用,不仅可为大气科学、气象应用、计算机等相关领域高校学生和科研人员提供理论指导和借鉴,同样可为气象业务和管理人员提供工作指导和参考。

大数据技术与应用

## 学术顾问



中国工程院院士 邬江兴

中国科学院院士 梅 宏

中国科学院院士 金 力

教授,博士生导师 温孚江

教授,博士生导师 王晓阳

教授,博士生导师 管海兵

教授,博士生导师 顾君忠

教授,博士生导师 乐嘉锦

研究员 史一兵

大数据技术与应用  
编撰委员会



**丛书指导**

干 频 石 谦 肖 菁

**主 任**

朱扬勇 吴俊伟

**委 员**

(以姓氏笔画为序)

于广军 朱扬勇 刘振宇 孙景乐 杨 丽 杨佳泓 李光亚  
李光耀 吴俊伟 何 承 邹国良 宋俊典 张 云 张 洁  
张绍华 张鹏翥 陈 云 武 星 宗宇伟 赵国栋 黄冬梅  
黄林鹏 韩彦岭 童维勤 楼振飞 蔡立志 熊 贇 糜万军

# 本书编委会



上海中心气象台	徐继业
上海市公共气象服务中心	朱洁华
南京信息工程大学	王海彬
上海中心气象台	邹兰军
上海中心气象台	李佰平
上海台风研究所	徐 明
南京信息工程大学	刘文杰
南京信息工程大学	郑 玉
南京信息工程大学	瞿治国
上海市气象信息支持中心	胡 平
上海市气象信息支持中心	秦 虹
上海中心气象台	陈 磊

## 丛书序

我国各级政府非常重视大数据的科研和产业发展,2014年国务院政府工作报告中明确指出要“以创新支撑和引领经济结构优化升级”,并提出“设立新兴产业创业创新平台,在新一代移动通信、集成电路、大数据、先进制造、新能源、新材料等方面赶超先进,引领未来产业发展”。2015年8月31日,国务院印发了《促进大数据发展行动纲要》,明确提出将全面推进我国大数据发展和应用,加快建设数据强国。前不久,党的十八届五中全会公报提出要实施“国家大数据战略”,这是大数据第一次写入党的全会决议,标志着大数据战略正式上升为国家战略。

上海的大数据研究与发展在国内起步较早。上海市科学技术委员会于2012年开始布局,并组织力量开展大数据三年行动计划的调研和编制工作,于2013年7月12日率先发布了《上海推进大数据研究与发展三年行动计划(2013—2015年)》,又称“汇计划”,寓意“汇数据、汇技术、汇人才”和“数据‘汇’聚、百川入‘海’”的文化内涵。

“汇计划”围绕“发展数据产业,服务智慧城市”的指导思想,对上海大数据研究与发展做了顶层设计,包括大数据理论研究、关键技术突破、重要产品开发、公共服务平台建设、行业应用、产业模式和模式创新等大数据研究发展的各个方面。近两年来,“汇计划”针对城市交通、医疗健康、食品安全、公共安全等大型城市中的重大民生问题,逐步建立了大数据公共服务平台,惠及民生。一批新型大数据算法,特别是实时数据库、内存计算平台在国内独树一帜,有企业因此获得了数百万美元的投资。

为确保行动计划的实施,着力营造大数据创新生态,“上海大数据产业技术创新战略联盟”(以下简称“联盟”)于2013年7月成立。截至2015年8月底,联盟共有108家成员单位,既有从事各类数据应用与服务的企业,也有行业协会和专业学会、高校和科研院所、大数据技术和产品装备研发企业,更有大数据领域投资机构、产业园区、非IT



领域的的数据资源拥有单位,显现出强大的吸引力,勾勒出上海数据产业的良好生态。同时,依托复旦大学筹建成立了“上海市数据科学重点实验室”,开展数据科学和大数据理论基础研究、建设数据科学学科和开展人才培养、解决大数据发展中的基础科学问题和技术问题、开展大数据发展战略咨询等工作。

在“汇计划”引领下,由联盟、上海市数据科学重点实验室、上海产业技术研究院和上海科学技术出版社于2014年初共同策划了《大数据技术与应用》丛书。本丛书第一批已于2015年初上市,包括了《汇计划在行动》《大数据评测》《数据密集型计算和模型》《城市发展的数据逻辑》《智慧城市大数据》《金融大数据》《城市交通大数据》《医疗大数据》共八册,在业界取得了广泛的好评。今年进一步联合北京中关村大数据产业联盟共同策划本丛书第二批,包括《大数据挖掘》《制造业大数据》《航运大数据》《海洋大数据》《能源大数据》《大数据治理与服务》等。从大数据的共性技术概念、主要前沿技术研究和当前的成功应用领域等方面向读者做了阐述,作者希望把上海在大数据领域技术研究的成果和应用成功案例分享给大家,希望读者能从中获得有益启示并共同探讨。第三批的书目也已在策划、编写中,作者将与大家分享更多的技术与应用。

大数据对科学研究、经济建设、社会发展和文化生活等各个领域正在产生革命性的影响。上海希望通过“汇计划”的实施,同时也是本丛书希望带给大家一个理念:大数据所带来的变革,让公众能享受到更个性化的医疗服务、更便利的出行、更放心的食品,以及在互联网、金融等领域创造新型商业模式,让老百姓享受到科技带来的美好生活,促进经济结构调整和产业转型。



上海市科学技术委员会副主任  
2015年11月

# 前 言

我们生活在一个充满大气的地球上,离不开空气、阳光和水,气象就是人们每时每刻都看得见、离不开、感受到的大气自然现象。今天的我们可以用晴天、下雨、刮风、电闪、飘雪、结冰来话说气象,也可以用客观的大气观测数据分分秒秒地记录着气象,当然我们还有具体的图像直接、真切地描述着气象,这些数据的最直接作用就是快速传递大气的信息。

有人说,在“大数据时代”这个概念出现前,最名副其实的大数据应该数气象数据。但无论气象数据多么复杂,总体可以分为两类:一类数据被称为“观测数据”,一类被称为“预报数据”。气象数据在气象领域存在已有时日,近年来互联网和信息行业的发展以及大数据时代的兴起而引发大家对气象数据的关注。海量气象数据怎么用?这是大数据时代亟待考虑的问题。就现有情况看,数据在气象预报、气候预测诊断方面运用得比较充分,而在气象服务领域,大量的实况观测数据和模式预报数据往往被搁置。2015年9月5日,《国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》正式发布,在全社会引起广泛影响,气象部门也未能例外。如何看待气象大数据,对气象大数据的管理、高可靠存储、分析、处理以及检索等技术进行挑战。如何认识大数据,大数据是否适用于气象部门,以及适用于哪些领域,是气象部门需要思考的问题。

本书作者从事气象应用业务工作多年,近年来围绕气象大数据的概念、技术和应用,进行了深入思考、研究和实践,对气象大数据的基本概念和资源进行了梳理,对气象大数据的采集、存储、处理和分析应用开展了研究和总结,对气象大数据在典型行业的应用做了实践。本书对这些成果进行了全面系统的总结,希望为读者提供借鉴和参考。

本书由徐继业、朱洁华负责统稿和定稿工作。具体编写分工如下:第1、2章由徐继业组织编写,第3章由徐继业、胡平、秦虹、徐明组织编写,第4、5章由王海彬、刘文杰、

郑玉、瞿治国组织编写,第6章由邹兰军组织编写,第7章由朱洁华组织编写,第8章由李佰平组织编写,第9章由徐明组织编写,第10章由徐继业、朱洁华组织编写。

由于作者水平和能力有限,书中的错误和缺点在所难免,在此欢迎广大读者批评指正。我们在完成本书的编写过程中,学习参考了大量的文献,并尽可能予以标注,如有疏忽未标注的,敬请谅解。

气象大数据正在记录着我们地球大气变化的历史,也许往前追溯1 000年,我们并不十分了解地球大气发生了什么,但是现在之后的1 000年,我们的后人看我们的今天,可以重现今日的气象万千。

**作 者**

# 目 录



<b>第1章 气象的大数据时代</b>	<b>1</b>
• 1.1 大数据概述	2
1.1.1 大数据的概念	2
1.1.2 大数据的特点	2
1.1.3 大数据的分析理念	3
1.1.4 大数据时代	3
• 1.2 气象现代化	5
1.2.1 气象学定义	5
1.2.2 气象部门的现状	5
1.2.3 气象现代化发展战略	6
• 1.3 气象大数据的基本概念	7
1.3.1 气象大数据的定义	7
1.3.2 气象大数据的特征	8
1.3.3 气象大数据的分类	9
• 1.4 大数据时代气象行业的机遇和挑战	14

<b>第2章 气象的数据资源</b>	<b>17</b>
• 2.1 综合气象观测系统	18
2.1.1 综合气象观测网	19
2.1.2 气象观测系统	19
2.1.3 气象观测网	20
2.1.4 我国的气象观测现状	20
2.1.5 上海气象观测系统	22
• 2.2 数值天气预报系统	23
• 2.3 全国综合气象信息共享平台	24
2.3.1 基本情况	25
2.3.2 总体布局	25
2.3.3 总体结构与流程	26
• 2.4 上海气象信息平台	28
<b>第3章 气象大数据技术</b>	<b>33</b>
• 3.1 云计算	34
3.1.1 云计算的概念	35
3.1.2 云计算的历史和现状	36
3.1.3 云计算的实现机制	38
3.1.4 云计算的发展趋势	40
3.1.5 云计算和气象行业	43
3.1.6 云计算与大数据	44
3.1.7 基于云计算的气象大数据平台架构	45
• 3.2 分布式计算平台	46
3.2.1 Hadoop	47
3.2.2 MapReduce	49
3.2.3 Hadoop 和 MapReduce 的比较	51
• 3.3 存储技术	52
3.3.1 ETL 技术	52

3.3.2	NoSQL 技术	54
3.3.3	分布式文件系统	56
3.3.4	云存储	59
<hr/>		
• 3.4	感知技术	61
3.4.1	数据计算	63
3.4.2	深度学习	67
3.4.3	数据挖掘	68
3.4.4	气象人工智能	72
<hr/>		
<b>第4章</b>	<b>气象大数据安全</b>	<b>79</b>
<hr/>		
• 4.1	气象大数据安全现状	80
4.1.1	气象信息安全现状	80
4.1.2	大数据安全主要问题	83
4.1.3	大数据面临的挑战	85
4.1.4	大数据的安全威胁	87
4.1.5	保障气象大数据安全的措施	88
<hr/>		
• 4.2	气象大数据安全体系	89
4.2.1	安全体系结构	90
4.2.2	数据层技术	92
4.2.3	接口层技术	95
4.2.4	系统层技术	96
4.2.5	基于大数据的安全技术	98
<hr/>		
<b>第5章</b>	<b>气象大数据在电力能源领域的应用</b>	<b>101</b>
<hr/>		
• 5.1	气象大数据在传统电力负荷领域的应用	102
5.1.1	电力负荷特征	103
5.1.2	电力负荷与气象要素的关系	104
5.1.3	电力负荷和高温案例分析	109
<hr/>		
• 5.2	气象大数据在光伏新能源领域的应用	109
5.2.1	气象大数据在太阳能资源评估中的应用	110

5.2.2	气象大数据在太阳能光伏发电中的应用	111
5.2.3	案例介绍	112
• 5.3	气象大数据在风电新能源领域的应用	112
5.3.1	气象大数据在风能规划和工程中的应用	113
5.3.2	气象大数据在风能预测中的应用	115
5.3.3	气象大数据在海上风电场台风影响论证中的应用	116
5.3.4	案例介绍	124
<b>第6章</b>	<b>气象大数据在公路交通中的应用</b>	<b>125</b>
• 6.1	公路交通对气象大数据应用的需求	126
6.1.1	我国主要地理特征和气候概况	126
6.1.2	气象对公路交通的影响	127
6.1.3	用户对公路交通气象保障信息的需求	127
• 6.2	公路交通的气象影响分析	128
6.2.1	天气与公路交通事故之间的关系分析	128
6.2.2	天气对公路交通的影响	132
6.2.3	公路交通高影响天气的确立	133
• 6.3	公路交通气象大数据应用	136
6.3.1	技术路线	136
6.3.2	监测系统	136
6.3.3	公路交通气象预报技术	145
6.3.4	上海公路交通气象服务系统	153
<b>第7章</b>	<b>气象大数据在航空工业中的应用</b>	<b>157</b>
• 7.1	概述	158
• 7.2	气象大数据在民用航空中的应用	161
7.2.1	航空公司	161
7.2.2	空中交通管制部门	163

7.2.3	机场	164
• 7.3	气象大数据在民机试飞中的应用	165
7.3.1	民机试飞气象服务的要求	165
7.3.2	气象大数据服务自然结冰试飞	167
7.3.3	气象大数据分析在侧风试验中的应用	171
<b>第8章</b>	<b>气象大数据在人体健康和保险领域的应用</b>	<b>179</b>
• 8.1	气象大数据在人体健康领域的应用	180
8.1.1	人体舒适度指数	180
8.1.2	各种疾病发病条件等级	181
• 8.2	气象大数据在保险领域的应用	182
8.2.1	天气指数保险	183
8.2.2	巨灾指数保险	184
8.2.3	水灾风险地图	185
8.2.4	巨灾风险平台	185
<b>第9章</b>	<b>气象大数据的发展趋势</b>	<b>187</b>
• 9.1	气象大数据的应用特点	188
• 9.2	气象大数据的发展趋势	188
• 9.3	气象大数据的应用展望	189
<b>附录</b>		<b>191</b>
• 附录 1	气象数据集核心元数据字典	192
F1.1	元数据实体信息	192
F1.2	数据集标识信息	192
F1.3	负责方信息	193
F1.4	数据质量信息	194
F1.5	关键词信息	195
F1.6	时间标识信息	195
F1.7	地理覆盖范围信息	195



F1.8	垂向覆盖范围信息	196
F1.9	时间覆盖范围信息	196
F1.10	限制信息	196
F1.11	分发信息	197
<hr/>		
•附录 2	元数据字符代码表	198
F2.1	字符集代码	198
F2.2	数据集分类代码	199
F2.3	责任人职责代码	200
F2.4	关键词类型代码	200
F2.5	时间频次代码	201
F2.6	介质代码	201
<hr/>		
	<b>参考文献</b>	203