



[美] 乔乔·莫雷伊 著 王胜夏 译

当大数据遇见物联网

——智能决策解决之道

Smarter Decisions—The Intersection of
Internet of Things and Decision Science



清华大学出版社

当大数据遇见物联网—— 智能决策解决之道

[美] 乔乔·莫雷伊 著

王胜夏 译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书详细阐述了与大数据、物联网、决策科学开发相关的基本解决方案，主要包括物联网和决策科学、物联网体系结构和用例设计、决策科学在物联网中的应用、机器学习、预测性分析等内容。此外，本书还提供了相应的示例、代码，以帮助读者进一步理解相关方案的实现过程。

本书适合作为高等院校计算机及相关专业的教材和教学参考书，也可作为相关开发人员的自学教材和参考手册。

Copyright © Packt Publishing 2017. First published in the English language under the title *Smarter Decisions-The Intersection of Things and Decision Science*.

Simplified Chinese-language edition © 2019 by Tsinghua University Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权清华大学出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2018-1022

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

当大数据遇见物联网：智能决策解决之道/（美）乔乔·莫雷伊（Jojo Moolayil）著；王胜夏译。—北京：清华大学出版社，2019

书名原文：Smarter Decisions - The Intersection of Internet of Things and Decision Science
ISBN 978-7-302-51653-8

I. ①当… II. ①乔… ②王… III. ①互联网络-应用 ②智能技术-应用 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 257359 号

责任编辑：贾小红
封面设计：刘超
版式设计：魏远
责任校对：马子杰
责任印制：宋林

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市龙大印装有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×230mm 印 张：20.5 字 数：411 千字

版 次：2019 年 3 月第 1 版 印 次：2019 年 3 月第 1 次印刷

定 价：109.00 元

产品编号：075678-01

译者序

继计算机、互联网和移动通信之后，物联网在现今信息产业中的地位无可比拟，它在各个行业中的发展也是如日中天，备受瞩目。物联网诞生于互联网和移动互联网高速发展的时代，迎合了所有行业对数据联网的迫切需求。今天，联网设备早已不仅仅是智能手机和计算机，而是覆盖到了智能家居、交通物流、工业和医疗保健等各种不同的领域。此外，各个领域每时每刻都在产生大量的数据，人们也无时无刻不在思考，如何才能高效地对这些数据加以分析和利用。而物联网无疑相当于一座价值连城的宝藏，它产生的海量数据中所蕴含的价值无法估量。因此，物联网的真正价值仍亟须人们去深入挖掘充分利用，以创造更为美好的未来。

如何对物联网尤其是企业的商业问题进行数据分析并解决问题，这正是本书的价值所在。在本书中，作者没有采用人人熟知的“大数据分析”甚至“数据科学”这些热词做相关论述，而是精辟地提出了“决策科学”的概念，将“决策科学”与“数据科学”的细微区别阐述清楚。通过决策科学在物联网中的应用，自然而然地向读者阐明了这两者的交叉点——智能决策的重要性和影响。同时循序渐进地将各种统计分析技术和机器学习算法，与物联网商业用例分析紧密结合，深入浅出地介绍给读者。

市面上关于大数据分析的书籍浩如烟海，但是针对决策科学和物联网结合应用，分析解决实际商业问题的书籍并不多见。本书作者采用平实朴素的语言，将现实生活中的物联网案例娓娓道来，让读者对决策科学、物联网以及智能决策在这些案例中的分析和应用了如指掌。即使没有具备数据分析基础但又对这些主题感兴趣的读者，也能跟随作者清晰严谨的思路轻松地完成本书的阅读，并且最终不仅能够掌握本书的实用知识和分析技术用以解决实际的商业问题，而且也能够领会其中的奥妙拓展视野。

作者在序言中已向读者介绍了本书以及各个章节的主要内容。因此，我在此就不再赘述，感兴趣的读者可以仔细阅读序言以了解本书概要。这里，我想和读者分享翻译本书时的一些心得体会，希望有助于读者理解本书的内容，同时也希望能够由此向各位同行和专业人士虚心求教，以便日后改进。

本人在实际工作中也遇到过许多类似的情况，如曾在公司时为美国 Brealut Research Organization, Inc. 的高级光学系统分析软件产品进行市场推广。在推广这些产品的过程中，与国内外著名的高校、科研院所和企业交流时，并没有将他们业已熟知且广泛采用的术语

翻译成中文。如果为了翻译而翻译，生硬地将业界专业人士熟知的术语翻译出来，反而会造成理解和交流上的障碍。这在科技口译上也是如此，本人数年来在为上述公司做技术交流现场翻译实践中，也亲身体会到这一点。所以，根据受众的实际情况，而选择相应合适的翻译策略，是非常有必要的。由此也深深认同作者在本书第 5 章中讨论如何判断模型达到学习饱和度时提出的观点，即通过数据分析实践从观察中而非仅仅依靠数学计算得出一个判断标准。

因此，阅读本书不仅能够掌握决策科学应用在物联网商业用例的分析技能，在对 R 语言进行熟练运用、精通智能决策之奥妙的同时，也能学习作者在数据分析时的科学严谨态度和清晰的逻辑思维。

此外，我还要由衷地感谢我的先生赵勇。在我繁忙翻译期间，他针对书中涉及数学的部分提出专业的意见，并且就一些内容提出犀利但颇具建设性的建言，激励我深入探索不熟悉的领域。感谢亲朋挚友的鼓励和支持，我才得以克服种种困难最终完成这本书的翻译。

本书的翻译由吴骅组织完成。参与本书翻译的还有王学昌、周娟、刘红军、王玲、郑正正、秦双夏、莫鸿强、李远明、陶日然、黄善斌、廖义奎、杨莉灵等人，感谢这些人士帮助。没有他们的帮助就无法完成这项工作。由于水平有限，译文中的不当之处在所难免，恳请同行及各位读者朋友不吝赐教。

译者

序 言

物联网和决策科学一跃成为时下业界最为热门的话题。可是，我们今天要解决的问题变得越来越不清晰、不确定和不稳定，解决问题的方法也是变得如此。而且，解决问题从使用数据科学解决一个具体问题，演变成为了应用决策科学解决问题的一门技术。物联网为企业提供了一个千载难逢的机遇，将人们的生活变得愈加轻松，但是若要实现这一目标，惟有利用决策科学方能物尽其用。《智能决策——当大数据遇见物联网》（*Smarter Decisions—The Intersection of Internet of Things and Decision Science*）将有助读者了解物联网和决策科学的细微差别，通过解决现实生活中的工业和消费物联网用例，切实地帮助读者做出明智决策。本书着重解决一个根本问题。因此，书中整个过程都是借助生动有趣且通俗易懂的商业用例，采用决策科学行业标准框架去解析、设计、执行并阐述问题。在解决商业用例的同时，我们会利用最流行的开源软件“R 语言”，学习一套完整的数据科学系统，即描述性分析（descriptive analytics）、探查性分析（inquisitive analytics）、预测性分析（predictive analytics）和规范性分析（prescriptive analytics）四者相结合的系统。阅至本书结尾，读者将完全领悟到在物联网中做出决策的复杂性，并且能够将书中知识应用于任何项目中。

本书主要内容

第 1 章 物联网和决策科学：采用现实生活中直观易懂的例子，清晰概述了本书两个最重要的主题。本章简明扼要地讲述物联网及其演变，以及物联网（Internet of Things, IoT）、工业物联网（Industrial IoT, IIoT）、工业互联网（Industrial Internet）和万物互联（Internet of Everything, IoE）四者的主要区别。此外，通过问题以及问题在其体系中的发展演变来诠释决策科学。最后，本章探索问题解决框架，研究解决问题的决策科学方法。

第 2 章 物联网问题体系研究和用例设计：本章引出一个现实生活中的物联网商业问题，应用第 1 章所学的一个成熟结构化问题解决框架，帮助读者实际设计问题的解决方案。本章还介绍了物联网中的两个主要领域即资产互联（connected assets）和运营互联

(connected operations)，以及用于解析和设计商业问题解决方案的各种工具和思想领导力框架 (thought leadership frameworks)。

第3章 探索性决策科学在物联网中的应用内容和原因：采用 R 语言进行探索性数据分析，着重切实解决第2章设计的物联网商业用例。选取一个匿名和屏蔽数据集用于商业用例，同时依托实践练习帮助读者把握决策科学描述性分析和探查性分析这两个阶段。本章通过执行单变量分析、双变量分析以及各种统计检验来验证结果，回答两个基本的问题即（探索性决策科学）“是什么”和“为什么”，以此阐述问题的解决方案，呈现本章内容。

第4章 预测性分析在物联网中的应用：利用预测性分析增强商业用例解决方案。在本章中，我们回答了“何时”这个问题，更清晰有效地解决问题。与此同时，探讨了线性回归、Logistic 回归和决策树等多种统计模型，解决第3章商业用例在探查性分析阶段出现的不同预测性问题。还通过直观的例子来理解算法的数学功能，以及解释结果的简单方法，这些都为物联网的预测性分析奠定了基础。

第5章 利用机器学习增强物联网预测性分析：尝试采取随机森林、XgBoost 等尖端机器学习算法和多层感知器等深度学习算法，改进第4章中预测建模练习的结果。经由改进算法而获得了改进后的结果后，利用决策科学的3个不同分析层面：描述性分析、探查性分析和预测性分析，最终完成了商业用例的解决方案。

第6章 决策科学结合物联网的分析速成：本章自始至终尝试解决另一个崭新的物联网用例，巩固了迄今为止学习到的解决问题的技巧。通过速成的学习模式，对解析、设计和解决物联网问题的整个过程进行阐述。

第7章 规范性科学与决策：利用一个假设用例介绍决策科学的最后一层分析，即规范性分析。本章选择数个简单易学的例子来说明，一个问题从描述性分析到探查性分析、预测性分析，最后到规范性分析再周而复始地演变整个过程。在应用规范性分析解决问题的过程中，我们详细探讨了做出决策和撰写故事的技术，以将分析结果清清楚楚地展示出来。

第8章 物联网的颠覆性创新：本章通过对一些像雾计算、认知计算、下一代机器人、基因组学和自动驾驶汽车的研究，探讨了目前物联网的颠覆性创新。最后，简要介绍了物联网的隐私和安全问题。

第9章 物联网的光明前景：讨论了物联网前所未有的发展会在不久的将来如何从根本上改变人们的生活。本章探讨了新型物联网商业模式的前瞻性话题，例如资产/设备即服务，还有汽车互联向智能汽车以及人类互联向智能人类的演变。

本书所需的配置

为了让学习效率更高，读者须配备一台安装有 Windows、Mac 或 Ubuntu 系统的计算机。

下载并安装 R 语言来执行本书中的代码。可通过 CRAN 网站下载安装 R 语言，网址为 <http://cran.r-project.org/>。书中全部代码都是用 RStudio 编写的。RStudio 是一个 R 语言的集成开发环境，下载网址为 <http://www.rstudio.com/products/rstudio/>。

本书中使用的不同 R 语言包可以免费下载并安装在上述所有操作系统上。

本书面向的读者

本书旨在为有志于物联网分析项目的数据科学和物联网爱好者或项目经理而编写。如果读者掌握了 R 语言库的基本知识，则会胜人一筹，但是本书在对结果进行解释时不会受代码影响。任何没有具备技术知识的数据科学和物联网爱好者不仅可以跳过代码读取输出结果，而且仍然能够应用这些结果。

小节标题介绍

在这本书内，读者会发现一些经常出现的标题，如做好充分准备、操作步骤、工作原理、知识拓展以及参考资料。

为了清楚说明如何完成一个设计流程，本书使用如下小节标题。

做好充分准备

本节告诉读者在设计流程中需要什么，介绍如何配置所需的软件或初始设置。

操作步骤

本节包含设计流程所遵循的步骤。

工作原理

本节通常是针对前一小节所发生的事情做出详细解释。

知识拓展

本节包含有关设计流程的其他信息，让读者对设计流程有更多的了解。

参考资料

本节为设计流程提供其他有用信息的链接。

体例

在本书中，读者将看到许多用以区分不同类型信息的文本样式。下面是这些样式的一些例子，以及对它们含义的解释。

一个代码块文本样式设置如下：

```
<Contextpath="/jira"docBase="${catalina.home}  
/atlassian- jira" reloadable="false" useHttpOnly="true">
```

任何命令行输入或输出书写如下：

```
mysql -u root -p
```

在菜单或对话框中，读者在屏幕上看到的单词将显示在文本中，如下：“从管理面板中选择系统信息”。

 表示警告或重要事项。

 表示技巧提示。

读者反馈

我们非常欢迎读者反馈。读者可随时随地告知我们对这本书的看法——喜欢或不喜欢哪些内容。读者反馈对我们不可或缺，这些反馈会帮助我们编撰读者所需的内容，让读者最大限度地从中获益。

如果是一般的反馈意见，只需发电子邮件至 feedback@packtpub.com，并在邮件主题中注明书名。

如果读者擅长某专业主题，并且对写作或撰写书籍感兴趣，请参阅我们的作者指南，

网址为 www.packtpub.com/authors。

客户支持

对于购买了帕克特出版有限公司书籍的读者朋友，我们还会提供相应的支持服务。

下载示例代码

读者可以登录自己的账户下载本书的示例代码文件：<http://www.packtpub.com>。如果读者从其他地方购买了本书，请访问 <http://www.packtpub.com/support> 并注册账户，之后我们会将文件直接发送给读者。

下载代码文件步骤如下：

- (1) 使用电子邮件地址和密码登录或注册我们的网站。
- (2) 将鼠标指针悬停在顶部的 SUPPORT 选项卡上。
- (3) 单击 Code Downloads&Errata。
- (4) 在 Search 搜索框中输入书名。
- (5) 选择要下载代码文件的书籍。
- (6) 从已购书籍的下拉菜单中选择。
- (7) 单击 Code Download 下载代码。

也可登录帕克特公司网站，单击书籍网页上的 Code Files 按钮下载代码文件。在 Search 搜索框中输入书名后可访问上述页面。请注意，读者首先要登录自己的账户才可访问。

下载文件后，请确保使用最新版的解压缩软件将文件夹解压：

- WinRAR / 7-Zip 适用于 Windows。
- Zipeg / iZip / UnRarX 适用于 Mac。
- 7-Zip / PeaZip 适用于 Linux。

这本书的代码包也存放在 GitHub 上：<https://github.com/PacktPublishing/Smarter-Decisions-The-Intersection-of-Internet-of-Things-and-Decision-Science>。我们还从现有丰富的书籍和视频资料中提供了其他代码捆绑包：<https://github.com/PacktPublishing/>。欢迎读者查看！

勘误表

尽管我们已经竭尽全力确保内容的准确性，但仍然无法保证完全没有错误。如果读者在本书中发现了错误（可能是文本或代码的问题）并且能向我们反映，我们将不胜感激。这样不仅能让其他读者免受误导，同时也会帮助我们改进该书的后续版本。如果读者发现任何错误，请通过 <http://www.packtpub.com/submit-errata> 向我们反映。登录网站后选择相应的书籍，单击 Errata Submission Form 勘误提交表格链接，然后输入勘误详情。一旦读者的勘误被验证，所提交的勘误信息会被采纳，而且这些勘误将被上传到我们的网站或添加到该书勘误部分下的现有清单中。

如果要查看以前提交的勘误表，请转至 <https://www.packtpub.com/books/content/support>，然后在搜索栏中输入书名。所查询的信息会在 Errata 勘误小节中出现。

版权保护

互联网上受版权保护的资料被盗版是所有媒介都面临的一个问题。帕克特公司非常认真地保护我们自己的版权和许可。如果读者在互联网上发现有任何非法盗版我们的作品，请立即给我们提供盗版网址或网站名称以便我们采取合适的补救措施。

读者可通过 copyright@packtpub.com 与我们联系，将可疑的盗版内容链接发给我们。

我们衷心感谢读者的帮助，在保护作者和我们自己的同时，我们也会尽心尽力地为读者发行更有价值的书籍。

读者反馈

如果读者对本书内容有任何问题，请通过 questions@packtpub.com 与我们联系，我们将尽最大努力解决这些问题。

作者简介

乔乔·莫雷伊 (Jojo Moolayil) 是一名数据科学家，现居住在素有“印度硅谷”之称的班加罗尔。他在决策科学和物联网领域拥有四年以上的行业经验，并且与诸多行业领先企业进行了跨多个垂直方向的合作，所合作的都是一些具有重大影响的关键项目。目前，莫雷伊正在和工业物联网数据科学的先锋和领先者通用电气 (GE) 公司合作。

莫雷伊出生和成长在印度的浦那，毕业于浦那大学，主修信息技术工程学。为了大规模解决问题，莫雷伊在决策科学中发现了个中门道，而且在早期的职业生涯里也学会了如何解决多个垂直行业的各种问题。之后，在世界最大的纯游戏分析提供商穆西格玛公司 (Mu Sigma Inc.) 开始他的职业生涯，和众多财富 50 强客户的领导者一起工作。后来，为了解决日益复杂的 (数据) 问题，莫雷伊与物联网结缘，对前景光明的消费物联网和工业物联网领域产生了浓厚的兴趣。作为最早进入物联网分析行业的冒险者之一，莫雷伊对他从决策科学中的所学所获掇菁撷华，将问题解决框架以及他从数据和决策科学中的发现应用到物联网中去。

为了巩固他在工业物联网的基础，扩大各种问题解决实验的影响力，莫雷伊加入了一家名为 Flutura 的物联网分析初创公司。这家公司的总部设在班加罗尔光谷内，成长快速。Flutura 专注于工业物联网，专门研究 M2M (机器对机器通信) 数据分析。莫雷伊在该公司任职期间，为全球领先的制造业巨头和照明解决方案提供商工作，同时这些工作也增强了他在 M2M 和工业物联网领域解决问题的能力。由于他一心向往追求大规模地解决问题，自然而然地就从“产品”维度进行思考，很快也投身到了数据科学产品和平台的开发中。

莫雷伊在 Flutura 仅短暂停留，随后就到工业物联网的领先企业 GE 就职。在班加罗尔的 GE 里，他潜心解决工业物联网用例的决策科学问题。不仅如此，他在 GE 的工作职责之一，还包括悉心钻研开发工业物联网的数据科学和决策科学的产品和平台。

我衷心地感谢 Mu Sigma、Flutura 和 GE 这三家公司，感谢他们提供的所有机会，让我得以在决策科学和物联网领域遨游探索知识。我还要对工作中的导师萨米尔·马达范 (Samir Madhavan) 先生和德里克·乔斯 (Derick Jose) 先生表示深深的谢意和感激，在他们的热心帮助下，这本书才得以顺利完成。

技术评审简介

安宁蒂达·巴萨克（Anindita Basak）担任全球软件巨头微软公司 Azure 和大数据的顾问，帮助合作伙伴和客户实现 Azure SaaS 解决方案架构开发，数据平台和分析指导实施。巴萨克不仅是一名积极活跃的博主，也是微软 Azure 论坛的贡献者、顾问和发言者。她拥有 8 年以上的工作经验，工作主要围绕 Microsoft.Net、Azure、大数据及分析进行。在巴萨克早期的职业生涯中，她曾被微软聘任为正式员工，也作为外派员工为内部各种 Azure 团队提供服务。最近她担任由帕克特出版有限公司（Packt Publishing Limited）发行的如下书籍的技术评审：《HDInsight 精要第一版》（*HDInsight Essentials First Edition*）、《HDInsight 精要第二版》（*HDInsight Essentials Second Edition*）、《Hadoop 精要》（*Hadoop Essentials*）和《微软表格建模指南》（*Microsoft Tabular Modeling Cookbook*）。

我要感谢我的母亲和父亲——安迦娜·巴萨克（Anjana Basak）和阿吉特·巴萨克（Ajit Basak），还有我亲爱的弟弟阿迪蒂亚（Aditya）。没有你们的帮助和鼓励，我无法实现我的人生目标。

目 录

第 1 章 物联网和决策科学	1
1.1 了解物联网	2
1.2 揭秘 M2M、物联网、工业物联网和万物互联	3
1.3 深入挖掘物联网的逻辑堆栈	5
1.3.1 人	6
1.3.2 流程	7
1.3.3 物	8
1.3.4 数据	9
1.4 问题的生命周期	9
1.5 问题的全貌	12
1.6 解决问题的技术	17
1.6.1 跨学科方法	18
1.6.2 问题的体系	18
1.7 问题解决框架	20
1.8 小结	23
第 2 章 物联网问题体系研究和用例设计	25
2.1 资产互联和运营互联	25
2.1.1 物与智能之物的互联	26
2.1.2 一个现实生活的场景：资产互联	28
2.1.3 运营互联——下一场革命	30
2.2 解析商业用例	32
2.2.1 解析问题	33
2.2.2 研究和收集背景信息	34
2.2.3 根据数据可用性对假设优先排序和构建	38
2.2.4 验证和改进假设（重复步骤（2）和（3））	39
2.2.5 吸收结果并呈现解决方案	40
2.3 感知相关的潜在问题	41

2.4	设计启发法驱动的假设矩阵	41
2.5	小结	42
第 3 章	探索性决策科学在物联网中的应用内容和原因	45
3.1	识别有用数据做出决策	45
3.1.1	查验假设的数据来源	46
3.1.2	解决问题时的数据探查工作	47
3.1.3	特征探索	57
3.1.4	了解数据全貌	58
3.2	通过数据（单变量）探索物联网生态系统各个维度	61
3.2.1	数据显示了什么	61
3.2.2	探索先前产品	66
3.2.3	本节小结	72
3.3	研究数据关系	72
3.3.1	相关性是什么	73
3.3.2	探索阶段 1 的数据维度	78
3.4	探索性数据分析	84
3.4.1	那么，应该如何验证发现	85
3.4.2	假设检验是如何起作用的	85
3.4.3	验证假设——类别 1	87
3.4.4	卡方检验的原理是什么	87
3.4.5	验证假设——类别 2	91
3.4.6	验证假设——类别 3	96
3.4.7	假设——类别 4	100
3.4.8	探索性数据分析阶段小结	102
3.5	根本原因分析	102
3.5.1	综合结果	103
3.5.2	可视化洞见	105
3.5.3	将故事拼接形成完整的解决方案	106
3.5.4	结论	107
3.6	小结	108
第 4 章	预测性分析在物联网中的应用	109
4.1	重新探查问题——接下来是什么	109

4.2	线性回归——预测连续结果	111
4.2.1	预测性分析拉开序幕	111
4.2.2	解决预测问题	111
4.2.3	解释回归结果	115
4.2.4	残差、多元 R 平方、残差标准误差和修正后的 R 平方	118
4.2.5	改进预测模型	119
4.3	决策树	127
4.3.1	了解决策树	128
4.3.2	用决策树进行预测建模	133
4.4	Logistic 回归——预测一个分类结果	142
4.4.1	什么是 Logistic 回归	143
4.4.2	Logistic 回归是如何工作的	144
4.4.3	扼要概述模型的解释	154
4.4.4	改进分类模型	154
4.5	小结	167
第 5 章	利用机器学习增强物联网预测性分析	169
5.1	机器学习简介	169
5.1.1	什么是集成建模	170
5.1.2	为什么要选择集成模型	170
5.1.3	一个集成模型究竟是如何工作的	171
5.2	集成建模——随机森林	174
5.2.1	什么是随机森林	174
5.2.2	如何在 R 语言中构建随机森林	176
5.3	集成建模——XGBoost	186
5.4	神经网络与深度学习	193
5.5	汇总结果	208
5.5.1	快速回顾	208
5.5.2	从预测建模练习取得的结果	209
5.5.3	需要注意的几点	209
5.6	小结	209
第 6 章	决策科学结合物联网的分析速成	211
6.1	搭建问题的背景信息	211

6.1.1	真正的问题	212
6.1.2	接下来做什么	212
6.2	解析问题并设计方法	213
6.2.1	构建一个 SCQ（即情景-冲突-疑问）方案	213
6.2.2	研究	213
6.2.3	太阳能领域的背景信息	215
6.2.4	设计方法	216
6.2.5	研究数据全貌	217
6.3	探索性数据分析与特征工程	218
6.3.1	能量消耗和能量产生相比结果如何	224
6.3.2	电池	228
6.3.3	负载	230
6.3.4	逆变器	232
6.3.5	从数据探索练习中学习	233
6.3.6	简单概括所有的发现和学习收获	233
6.3.7	解决问题	234
6.3.8	特征工程	235
6.4	构建用例的预测模型	242
6.5	汇总解决方案	249
6.6	小结	249
第 7 章	规范性科学与决策	251
7.1	应用一种分层方法和各种测试控制方法战胜业务问题	251
7.1.1	规范性分析的定义	251
7.1.2	解决一个规范性分析用例	253
7.1.3	用规范性的方式去解决用例	261
7.2	连接问题体系中的各个点	264
7.3	撰写故事——了解问题体系中相互关联的问题	267
7.3.1	第一步——即时措施	268
7.3.2	第二步——未来措施	268
7.4	实施解决方案	270
7.5	小结	270