视觉感知驱动的
数据重建与可视化设计

李柯林 著

澳門科學出版社
Macao Scientific Publishers

图书在版编目—建议数据

视觉感知驱动的数据重建与可视化设计 / 李柯林 著 . —澳门：
澳门科学出版社，2026.04

ISBN 978-99996-49-20-9

Ⅰ. ①视… Ⅱ . ①李… Ⅲ . ①图像识别及其装置
Ⅳ . ① TP391.41

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

视觉感知驱动的数据重建与可视化设计
李柯林　著　　ISBN 978-99996-49-20-9

责任编辑：彭　俊
排版编辑：黄日成
美术设计：何幸宜

出版发行：澳门科学出版社
地　　址：澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座
网　　址：https://www.mospbs.com，https://moaj.mospbs.com
总　　机：+853-62961666
印装公司：澳门翰林出版集团有限公司
开　　本：787mm×1092mm1/16　　**印　　张**：16.25
字　　数：297 千字　　**印　　数**：1~3000
版　　次：2026 年 04 月第 1 版
印　　次：2026 年 04 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题，请联系本社销售中心。　　版权所有，违者必究

作者介紹

李柯林，工学博士，上海立信会计金融学院讲师，博士毕业于华东师范大学软件工程学院。中国图象图形学学会可视化与可视分析专委会委员，上海计算机学会金融科技专委会委员，上海立信会计金融学院智能金融研究中心研究员。研究方向主要包括信息可视化、大数据可视分析、人机交互、图像生成、大模型垂域开发、AIGC文化管理等，在国内外期刊会议发表论文10余篇。

前言

我们正生活在一个被数据定义的时代。从微观的个人社交轨迹、生物传感信号，到宏观的城市运行脉搏、全球气候变化图谱，数据以前所未有的体量、速度和多样性涌现，构成了驱动社会迈向智能化未来的“新石油”。然而，与易于开采冶炼的原油不同，原始数据更像是一片未经开垦的蛮荒之地，其中蕴藏着深刻的“洪流悖论”：数据总量空前富足，但有效洞察的提炼却愈发困难。这种“数据丰裕而洞察贫乏”的困境，根源在于大数据与生俱来的5V特性（体量、速度、多样、价值密度、真实性）对人类固有的认知模式构成了严峻挑战。传统的统计分析工具与静态报表在描述“发生了什么”时力不从心，更难以直观地回答“为何发生”、“趋势如何”以及“我们该如何行动”。在信息的海洋中，我们正经历着一场前所未有的“认知迷航”。

自约翰·斯诺的霍乱地图至今，数据可视化始终是人类在复杂世界中拓展认知边界的利器。它利用位置、长度、颜色、形状等视觉通道，将抽象数据转化为视觉形式，旨在将人类强大的视觉处理能力转化为高效的数据分析能力。然而，在应对当代大数据的复杂性时，许多传统的可视化方法显露出其深层局限：它们本质上是“以数据为中心”的。这些方法优先考虑如何将数据的数学属性精确映射到视觉通道，却相对忽视了整个信息传递链的最终环节与终极目的——人类的视觉感知与认知系统。当可视化设计不符合人类认知的固有规律（如对颜色、形状的特定敏感度与局限性，有限的工作记忆容量）时，即使其在数学上是精确的，其在信息传递的效率和效果上也会大打折扣，甚至引发视觉混乱与认知过载。

因此，要真正破解数据富足下的洞察困境，必须推动可视化研究范式的根本性转变：从“以数据为中心”转向“以视觉感知为中心”。这一转变不仅是技术上的优化，

更是一种思维模式的升级，它要求我们将对人类视觉系统的科学理解置于可视化设计与评估的核心位置。这正是本书《视觉感知驱动的数据重建与可视化设计》的核心论点与探索起点。

本书并非对可视化技术的泛泛而谈，而是聚焦于实现上述范式转变所必须攻克的四个相互关联的关键科学问题，它们共同构成了全书的研究骨架与创新脉络：

感知增强的数据重建：如何超越传统基于最短路径或概率模型的局限，构建能融合细粒度人类行为（如路径偏好、POI吸引力）与感知特征的城市交通轨迹重建模型，为可视化准备更“人性化”的数据原料？（对应第三章）

复杂可视化的逆向解析：如何突破“图像壁垒”，建立鲁棒的计算方法，从半透明、高噪声的地理空间热力图中，高精度地逆向还原其底层数据、颜色映射规则及空间参考信息，实现可视化成果的再利用与深度验证？（对应第四章）

可视化隐喻的效用平衡：如何超越经验性描述，建立科学的评估框架，量化可视化隐喻设计在提升用户参与度与可能损害信息准确性之间的平衡点，为连接科学严谨性与艺术表现力提供实证依据？（对应第五章）

交互技术的有效性验证：如何超越工具性罗列，建立基于感知与认知理论的交互技术分类与评估体系，并通过受控用户实验验证其有效性，使交互设计从一门“手艺”走向一门“科学”？（对应第六章）

针对这些挑战，本书在结构上分为四个部分，层层递进，形成一个完整的“理论奠基-技术创新-设计实践-总结展望”的研究闭环。

本书是我们在可视化与可视分析领域多年研究实践的结晶。它的主要贡献体现在三个层面：在理论上，推动并深化了从“以数据为中心”到“以人为中心”的范式转变；在方法上，提出了一系列创新模型，如融合行为语义的轨迹重建、基于感知相似性的热力图逆向解析、基于实证的隐喻与交互评估框架；在实践上，提炼出的设计原则与评估标准，为领域内的研究者、设计师及工程师提供了可直接参考的指南。

期望本书能成为连接可视化理论、技术实现与艺术设计的桥梁，为相关领域的研究者与实践者提供一份有价值的思想地图和技术参考，共同致力于构建下一代真正符合人类认知规律、能有效放大人类智慧的可视化系统。由于作者水平所限，书中难免存在疏漏与不足之处，恳请各位专家和读者不吝指正。

目录

第 1 章　大数据时代的可视化挑战与机遇

1.1　数据洪流中的认知迷航 ……1

1.2　视觉感知驱动范式下的关键科学问题 …… 4

1.3　本书的结构安排与核心贡献 …… 9

第 2 章　数据可视化与视觉感知基础

2.1　可视化的发展与演变 ……12

2.2　轨迹重建技术……15

2.3　可视化逆向工程……18

2.4　可视化美学……21

2.5　可视化交互……24

第 3 章　基于多维特征感知的交通轨迹重建方法

3.1 引言 ……26

3.2 问题分析与数据描述 ……30

3.3 空间索引方法……35

3.4 最优轨迹计算……43

3.5 空间特征融合重建……47

3.6 实验结果与分析……50

3.7 本章小结……53

第 4 章　基于感知相似性的地理空间热力图数据重建究

4.1 引言……56

4.2 问题分析和数据描述……65

4.3 热力图多维特征提取……70

4.4 热力图数据重建……89

4.5 方法评估与应用分析……98

4.6 本章小结……110

第 5 章　可视化隐喻设计:平衡艺术表达与功能分析

5.1 引言……117

5.2 问题分析与数据描述……121

5.3 隐喻可视化系统设计与实现……127

5.4 用户感知评估实验……142

5.5 案例研究……159

5.6 本章小结……166

第 6 章　可视化交互设计：模式、评估与用户体验

6.1 引言 …… 170

6.2 问题分析 …… 174

6.3 可视化交互设计模式 …… 179

6.4 可视化交互技术评估标准 …… 209

6.5 本章小结 …… 221

第 7 章　结论与未来展望

7.1 内容总结与核心观点 …… 224

7.2 研究局限与不足 …… 227

7.3 未来研究方向展望 …… 229

参考文献 …… 233

后记 & 致谢 …… 248

第1章　大数据时代的可视化挑战与机遇

本章导读：我们正生活在一个被数据定义的时代。数据既是宝藏，也是迷雾。本章将首先剖析大数据环境下的根本性分析困境，继而审视数据可视化作为关键解决途径的价值与当前局限，最终引出本书的核心论点——一种以人类视觉感知为中心的可视化新范式。

1.1　数据洪流中的认知迷航

1.1.1　数据富足时代的分析困境

这是一个最好的时代，也是一个最困惑的时代。我们享受着前所未有的信息富足，全球数据总量正以指数级攀升，预计在不久的将来突破数百泽字节（ZB）大关。这些数据源自卫星遥感、城市传感器网络、社交媒体的每一次互动、在线交易的每一笔记录……它们如同现代社会的“数字脉搏”，实时记录着世界的运行轨迹。企业渴望从中窥见市场先机，城市管理者希望借此优化公共资源，研究人员力图破解复杂系统的内在规律。数据，被誉为数字时代的“新石油”，承载着驱动社会迈向智能化未来的巨大期望。

然而，与易于开采冶炼的原油不同，原始数据更像是一片未经开垦的蛮荒之地，其中蕴藏着深刻的悖论：数据总量空前富足，但有效洞察的提炼却愈发困难。我们仿佛置身于一片信息的海洋，却因口渴而茫然四顾。这种“数据富足，洞察贫乏”的困境，

2019 历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

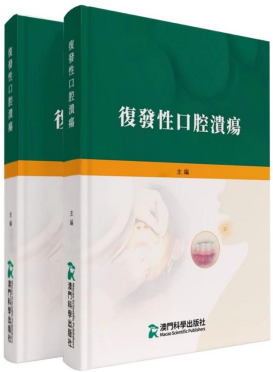
大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地**。

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION 澳門科技總會
澳門科學出版社 Macao Scientific Publishers

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：book@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。



全球发行 · Publishing worldwide

由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.

- 呼吸系统基本基础与临床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 临床肿瘤护理学 Clinical oncology nursing
- 感染性皮肤病学 Infectious dermatology
- 内分泌系统疾病 Endocrine system disease

- 实用小儿内科学 Practical pediatric internal medicine
- 消化系统疾病诊疗学 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 现代中医诊断学 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮肤修复与再生 Skin repair and regeneration

MACAU TECHNOLOGY GENERAL ASSOCIATION
澳門科技總會

澳門科學出版社
Macao Scientific Publishers

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：book@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼

禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

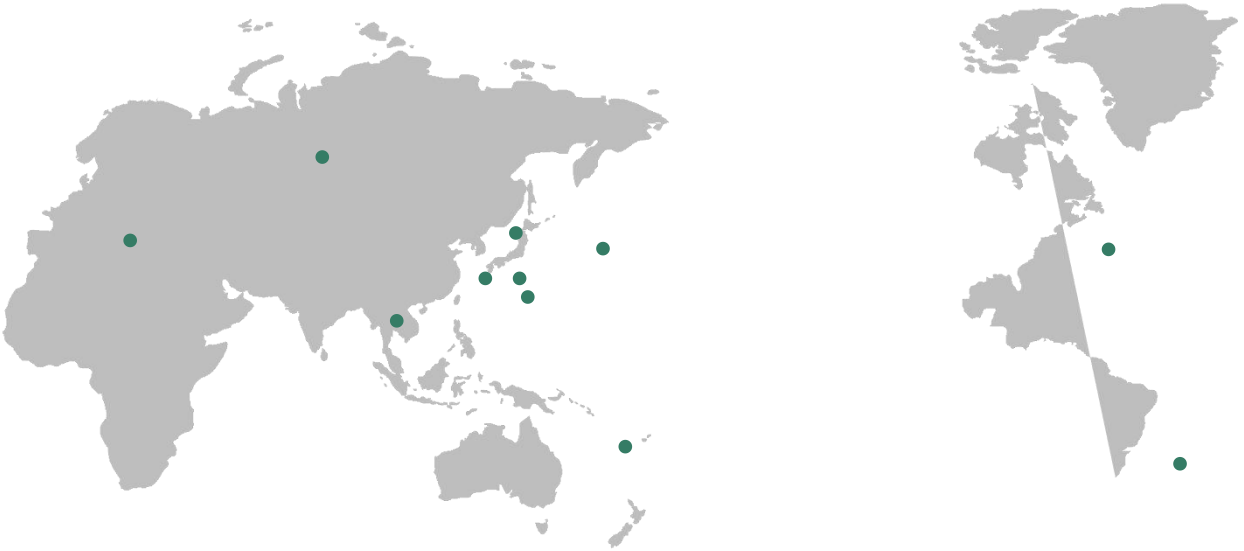
作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售字纸印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.

澳门科学出版社（MOSP）
网址：moaj.mospbs.com
邮箱：bookt@mospbs.com
电话：+853-62961666
邮编：999078
经营场所：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
禁忌内容或注意事项本资料未能详尽 © 版权所有，翻版必究。

澳门科学出版社
MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”



正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 – 优质
- 中华“强国文化”输出战略 – 翻译后国际出版
- 数字教材 – 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部
电话：0853-62961666（澳门）
邮件：book@mospbs.com
地址：中国澳门南湾大马路恒昌大夏F座11楼
网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。