
目录

| | |
|--------------------------|-----------|
| 前言..... | xv |
| 序言 | xvii |
| 1. 3D 数据科学导论..... | 1 |
| 3D 数据科学概述 | 2 |
| 维度与 3D 数据科学 | 2 |
| 空间 AI: 从现实到虚拟 | 3 |
| 3D 数据: 基本构建模块 | 6 |
| 几何、拓扑与语义 | 8 |
| 几何、拓扑与语义的整合 | 11 |
| 3D 点云简介 | 13 |
| 3D 数据科学模块化工作流程 | 15 |
| 数据采集 | 16 |
| 预处理 | 19 |
| 配准 | 22 |
| 3D 数据分类 (语义注入) | 23 |
| 结构化/建模 | 26 |
| 3D 数据分析 | 27 |
| 3D 数据可视化 | 28 |
| 应用 (软件) 开发 | 30 |
| 自动化的必要性 | 33 |
| 3D 数据科学工作流程挑战 | 35 |
| 工业中的 3D 数据科学 | 39 |
| 总结 | 41 |
| 2. 资源与软件基础..... | 43 |
| 基础资源 | 45 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 数学 | 45 |
| 计算机科学 | 46 |
| 3D 数据专业知识 | 49 |
| 3D 人工智能 | 51 |
| 3D 硬件推荐 | 53 |
| 本地 3D 开发 | 53 |
| 云计算 | 55 |
| 3D 必备软件和工具 | 57 |
| 3D 重建软件 | 58 |
| 3D 数据处理软件 | 61 |
| 3D 可视化软件 | 66 |
| 总结 | 71 |
| 3. 3D Python 与 3D 数据设置 | 73 |
| 3D Python 环境配置与库 | 74 |
| 操作系统选择 | 75 |
| 环境配置 | 76 |
| 基础 Python 库 | 78 |
| 3D Python 库 | 80 |
| Python 集成开发环境 | 81 |
| 创建 3D Python 程序 | 83 |
| 在 Python 中导入 3D 数据 | 84 |
| 提取特定属性 | 85 |
| 基于属性的数据分析 | 86 |
| 3D 数据可视化与导出 | 87 |
| 3D 重建方法 | 88 |
| 真实世界 3D 重建（基于传感器） | 89 |
| 创意 3D 重建 | 92 |
| 3D 数据集：策划 | 94 |
| 基于图像重建的 3D 数据 | 94 |
| 多模态网页爬取 | 97 |
| 总结 | 103 |
| 4. 3D 数据表示与结构化 | 105 |
| 3D 数据表示 | 106 |
| 3D 点云 | 106 |
| 基于图像的表达 | 112 |
| 体素模型 | 121 |
| 高级 3D 数据表示 | 123 |
| 3D 表面模型 | 124 |
| 3D 数据规范链接 | 131 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 网格到点云 | 132 |
| 体素到点云 | 133 |
| 栅格到点云 | 134 |
| 3D 数据结构: k-d 树, 八叉树, BVH | 139 |
| k-d 树 | 140 |
| 八叉树 | 142 |
| 文件组织 | 144 |
| 总结 | 146 |
| 5. 使用 Python 开发多模态 3D 查看器..... | 149 |
| 3D Python 及代码设置 | 151 |
| 3D 数据策划 | 152 |
| 3D 数据准备 | 152 |
| 初步分析 | 153 |
| 3D 数据降采样 | 153 |
| 数据预处理 | 155 |
| 3D 数据可视化 | 155 |
| 多模态 3D 体验 | 157 |
| 兴趣点查询 | 157 |
| 手动边界选择 | 160 |
| 查找高点和低点 | 162 |
| 点云体素化 | 164 |
| 建筑覆盖提取 | 167 |
| 总结 | 169 |
| 6. 点云数据工程..... | 171 |
| 基础知识 | 172 |
| 初步预处理 | 173 |
| 特征提取基础 | 179 |
| 点云特征提取策略 | 179 |
| 全局特征提取 | 180 |
| 局部特征提取 | 181 |
| 主成分分析 | 182 |
| Python 与数据准备 | 184 |
| 使用 pandas 进行聚类识别 | 185 |
| 3D 数据归一化 | 186 |
| 提取主成分 | 186 |
| PCA 的 3D 可视化 | 188 |
| 3D 数据配准: 统一视角 | 190 |
| 3D 数据配准基础 | 191 |
| 配准初始化 | 192 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 粗配准 | 193 |
| 迭代最近点 | 196 |
| 精细配准：ICP | 197 |
| 总结 | 199 |
| 7. 构建 3D 分析应用..... | 201 |
| 3D 项目环境准备 | 203 |
| 数据集收集 | 203 |
| Python 及环境配置 | 204 |
| 使用 PyVista 的 3D 数据基础 | 205 |
| 3D 数据结构创建 (KDTree) | 207 |
| 协方差矩阵、特征值与特征向量 | 209 |
| 平面性、线性、全方差、垂直性、法线 | 211 |
| 邻域定义与选择 | 212 |
| 自动化与扩展 | 214 |
| 交互式阈值设定 | 216 |
| 3D 数据结果导出 | 218 |
| 总结 | 219 |
| 8. 3D 数据分析..... | 221 |
| 3D 数据分析类型 | 222 |
| 3D 描述性数据分析 | 223 |
| 3D 探索性数据分析 | 224 |
| 3D 预测性数据分析 | 225 |
| 3D 规范性数据分析 | 226 |
| 附加注意事项 | 226 |
| 3D 数据分析工具 | 227 |
| 环境与数据准备 | 228 |
| 元数据分析与数据剖析 | 231 |
| 几何与形状分析 | 232 |
| 统计分析 | 239 |
| 属性分析 | 254 |
| 3D 诊断工具 | 258 |
| 3D 偏差分析：平面案例 | 259 |
| 3D 偏差分析：网格案例 | 263 |
| 总结 | 267 |
| 9. 3D 形状识别..... | 269 |
| RANSAC 入门：3D 平面形状识别 | 270 |
| RANSAC | 271 |
| 数据与环境配置 | 273 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 几何模型选择 | 273 |
| 3D 形状拟合 | 274 |
| 迭代与函数定义 | 281 |
| 应用 1: RANSAC 用于分割任务 | 282 |
| 应用 2: RANSAC 用于分析任务 | 284 |
| 应用 3: RANSAC 用于建模任务 | 286 |
| 区域增长用于 3D 形状检测 | 298 |
| 区域增长原理 | 299 |
| 区域增长: 实际环境配置 | 301 |
| 区域增长: 实现 | 302 |
| 混合方法: RANSAC 与区域增长 | 308 |
| 总结 | 311 |
| 10. 3D 建模: 高级技术..... | 315 |
| 高保真网格生成 | 316 |
| 高保真 3D 网格概述 | 316 |
| 任务 | 320 |
| 数据准备 | 320 |
| 选择网格划分策略 | 320 |
| 其他 3D 网格划分策略 | 326 |
| 使用 Python 进行 3D 网格划分 | 327 |
| 细节层次创建 | 328 |
| 可视化与软件 | 330 |
| 3D 体素及体素化 | 331 |
| Python 环境初始化 | 332 |
| 加载数据 | 333 |
| 创建体素网格 | 334 |
| 生成体素立方体 (3D 网格) | 335 |
| 导出网格对象 (.ply 或.obj) | 336 |
| 参数化建模 | 337 |
| CadQuery 及环境配置 | 339 |
| 参数化模型的输入输出: 2D (DXF) 和 3D (STL) | 342 |
| 参数化建模技术 | 345 |
| 布尔运算 | 349 |
| 建模各种零件 | 350 |
| 总结 | 352 |
| 基于单目图像的 3D 建模: 深度估计与重建 | 353 |
| 环境搭建与库安装 | 354 |
| 数据集收集 | 355 |
| 图像预处理与模型设置 | 355 |
| 模型的深度估计预测 | 357 |

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 点云生成 | 358 |
| 定义相机内参 | 359 |
| 3D 建模: 3D 点云到网格 | 362 |
| 总结 | 363 |
| 11. 基于 LiDAR 数据的 3D 建筑重建..... | 365 |
| 阶段 1: 3D Python 环境搭建 | 366 |
| 项目环境搭建 | 366 |
| 项目笔记本配置 | 368 |
| 阶段 2: 数据准备 | 370 |
| 航拍 LiDAR 数据整理 | 370 |
| 航拍 LiDAR 数据预处理 | 371 |
| 阶段 3: 实验 | 374 |
| 无监督点云分割 | 375 |
| 3D 房屋分段隔离 | 377 |
| 二维建筑轮廓提取 | 378 |
| 语义及属性提取 | 379 |
| 二维到三维向量转换 | 383 |
| 3D 模型创建: 网格 | 385 |
| 阶段 4: 自动化与扩展 | 387 |
| 总结 | 390 |
| 12. 3D 机器学习: 聚类..... | 393 |
| 无监督分割的聚类 | 396 |
| 聚类基础 | 397 |
| 聚类代表性 | 401 |
| 聚类算法类型 | 408 |
| k 均值聚类 | 410 |
| k 均值: 工作流程定义 | 412 |
| 3D Python 上下文定义 | 414 |
| LiDAR 数据预处理 | 416 |
| k 均值算法实现 | 418 |
| DBSCAN 用于无监督分割 | 421 |
| DBSCAN 原理 | 422 |
| 策略 | 423 |
| 实验设置 | 424 |
| 基于 RANSAC 的 3D 平面形状识别 | 425 |
| DBSCAN 用于 3D 点云分割 | 427 |
| 多重 RANSAC 框架 | 429 |
| 结合 DBSCAN 的多重 RANSAC 优化 | 431 |
| DBSCAN 优化 | 432 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| DBSCAN 与 k 均值对比 | 433 |
| 总结 | 436 |
| 13. 用于无监督分割的图和基础模型 | 439 |
| 基于连通性的聚类 | 440 |
| 任务简介 | 442 |
| 核心原理 | 443 |
| 步骤 1: 环境搭建 | 445 |
| 步骤 2: 3D 聚类的图论 | 447 |
| 步骤 3: 图分析 | 453 |
| 步骤 4: 绘制图形 (可选) | 454 |
| 步骤 5: 点云的连通分量 | 455 |
| 步骤 6: 3D 点云的欧氏聚类 | 457 |
| 讨论与展望 | 460 |
| Segment Anything 模型 | 461 |
| 任务 | 462 |
| 3D 项目搭建 | 463 |
| Segment Anything 模型核心概念 | 466 |
| 3D 点云到图像投影 | 472 |
| 使用 SAM 的无监督分割 | 474 |
| 总结 | 478 |
| 14. 监督式 3D 机器学习基础 | 481 |
| 从无监督学习到监督学习 | 483 |
| 监督学习概念 | 484 |
| 监督学习分类 | 488 |
| 3D 语义分割示例 | 489 |
| 3D 点云语义分割 | 490 |
| 3D Python 与数据设置 | 493 |
| 特征选择与准备 | 494 |
| 指标与模型 | 499 |
| 推理与泛化 | 503 |
| 利用 3D 深度学习专攻 3D 机器学习 | 510 |
| 总结 | 512 |
| 15. 使用 PyTorch 的 3D 深度学习 | 515 |
| 3D 深度学习骨干网络 | 517 |
| 网络架构 | 517 |
| 数据准备 | 520 |
| AI 模型训练 | 521 |
| 部署训练好的模型 | 524 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| PyTorch 实现 | 525 |
| 安装 PyTorch (含 CUDA) | 526 |
| 张量: 构建基石 | 526 |
| 神经网络模块 | 527 |
| 定义 3D 神经网络 | 528 |
| 超参数定义 | 531 |
| 优化器与损失函数 | 531 |
| PyTorch 数据加载器 | 532 |
| PyTorch 训练循环 | 533 |
| PyTorch 推理 | 534 |
| 3D 深度学习: 架构 | 535 |
| 3D 卷积神经网络: 体素 | 536 |
| 3D 图神经网络 | 538 |
| 基于点的架构: PointNet 与点云 | 541 |
| 多视角 CNN | 542 |
| 3D 机器学习与 3D 深度学习对比 | 545 |
| 微调、迁移学习与 3D 数据增强 | 546 |
| 迁移学习 | 546 |
| 微调 | 547 |
| 3D 数据增强: 扩展数据集 | 548 |
| 总结 | 549 |
| 16. PointNet 用于 3D 物体分类..... | 551 |
| PointNet: 基于点的 3D 深度学习架构 | 553 |
| 3D 物体分类 | 560 |
| 3D 物体分类基础 | 560 |
| 环境配置 | 562 |
| 数据集整理 | 562 |
| PointNet: 数据集准备 | 564 |
| PointNet 架构定义 | 565 |
| PointNet 损失定义 | 568 |
| PointNet 训练 | 570 |
| PointNet 指标与评估 | 572 |
| PointNet 实际推理 | 575 |
| 大规模语义分割注意事项 | 579 |
| 总结 | 584 |
| 17. 3D 数据科学工作流程..... | 587 |
| 3D 数据采集 | 588 |
| 3D 数据准备与工程 | 590 |
| 噪声去除 | 590 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 子采样 | 591 |
| 特征提取 | 592 |
| 3D 数据建模 | 593 |
| 3D 网格重建 | 594 |
| 3D 数字环境体素化 | 596 |
| k-d 树 | 597 |
| 八叉树 | 598 |
| 语义提取 | 600 |
| 聚类与无监督分割 | 600 |
| 语义分割 | 602 |
| 3D 物体分类 | 604 |
| 3D 数据可视化与分析 | 607 |
| 3D 形状识别 | 607 |
| 3D 数据分析工具 | 608 |
| 3D 多模态 Python 查看器 | 609 |
| 总结 | 610 |
| 18. 从 3D 生成式 AI 到空间 AI..... | 611 |
| 高级 3D 项目 | 612 |
| 用于 3D 重建的生成式 AI | 612 |
| 3D 深度点云配准 | 618 |
| 3D 语义建模 | 620 |
| 基于 Transformer 的 3D 语义提取 | 622 |
| 用于 3D 可视化的 3D 高斯散点 | 628 |
| 空间 AI: 3D 体验的未来 | 632 |
| 基于开放词汇的 3D 场景理解 | 634 |
| 3D 空间 AI 推理 | 636 |
| 总结 | 638 |
| 索引 | 641 |