

# 第 5 周：选择题识别（填涂检测）

## 怎么知道选了 A 还是 B？

北京石油化工学院\人工智能研究院\王文通



北京石油化工学院  
人工智能研究院

2025-2026 学年



# 课程概览

## 本周内容：

- OMR 技术概述
- 图像形态学处理
- 连通域分析
- 填涂区域定位
- 填涂检测算法
- 完整识别系统

## 智能阅卷系统进度：

- 图像采集与预处理
- 答题卡区域定位
- ① **选择题填涂检测**
  - 判断题符号识别
  - 手写文字 OCR



## 本周时间分配 (135 分钟 = 3 学时)

## 第 1 学时 (45 分钟):

- 00:10 预备知识回顾 (10min)
- 00:25 OMR 技术概述 (15min)
- 00:45 形态学理论 + 演示 (20min)

## 第 2 学时 (45 分钟):

01:05 连通域分析理论 (20min)  
01:30 Live Coding: 形态学与连通域 (25min)

### 第 3 学时 (45 分钟):

- 01:30-01:55 Live Coding: 填涂检测 (25min)
- 01:55-02:10 案例分析与讨论 (15min)
- 02:10-02:25 课堂 Quiz (15min)

课前准备

预习：二值图像操作、形态学运算原理  
(5分钟视频)



# 三个理解层级：本周学习路径

## 基础概念：

- 什么是 OMR?
- 像素密度的概念
- 形态学基本运算
- 连通域的原理

## 可视化演示：

- 对比填涂与未填涂的密度差异
- 观察形态学处理效果
- 连通域标记可视化
- 调整阈值观察识别效果

## 扩展应用：

- 设计自适应 OMR 识别器
- 处理不同填涂程度答题卡
- 优化识别准确率
- 实现完整阅卷系统

每个知识点都按照“理解 → 观察 → 创造”的层次递进



## 预备知识（课前 5 分钟视频）

## 本周需要的前置知识

- 二值图像的基本操作
    - 什么是二值图像?
    - 阈值处理：全局阈值 vs 自适应阈值
  - 形态学运算原理
    - 腐蚀 (Erosion) 与膨胀 (Dilation)
    - 开运算与闭运算

**[课前视频]** 扫码观看 5 分钟预备知识视频



## 三种学习路径

# 观察者

- 理解 OMR 原理
  - 看教师演示
  - 完成基础思考题

适合：无编程基础

## 使用者

- 运行示例代码
  - 调整参数观察效果
  - 完成核心任务

推荐：大多数学生

创造者

- 修改算法逻辑
  - 优化阈值策略
  - 实现挑战任务

## 挑战：有编程基础



# 分组与角色

## 分组原则 (4 人/组):

- 不同专业背景混合
- 至少 1 人有编程基础

## 角色分工:

组长 协调进度，分配任务

技术负责人 把关代码质量

模块开发 A 负责形态学与定位

模块开发 B 负责检测与识别



# AI 辅助编程本周重点

## 用 AI 理解复杂概念

- [AI 提示] “请用直观的比喻解释形态学腐蚀和膨胀”
- [AI 提示] “什么是连通域？如何用图像找连通区域？”

## 用 AI 生成代码框架

- [AI 提示] “帮我创建一个 ChoiceRecognizer 类，包含 calculate<sub>density</sub> ”
- [AI 提示] “如何用 OpenCV 统计二值图像中的白色像素数量？”

## AI 调试技巧

- ① 贴出完整的错误信息 (Traceback)
- ② 说明你的代码意图
- ③ 请 AI 解释一下我的代码



## 多屏协同设计

## 教室布局与屏幕分工：

主屏 (理论)	侧屏 (演示)	设备 (互动)
<ul style="list-style-type: none"><li>核心概念讲解</li><li>算法原理展示</li><li>知识点梳理</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>实时代码演示</li><li>AI 辅助编程展示</li><li>处理效果对比</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Quiz 实时答题</li><li>代码片段查看</li><li>小组讨论记录</li></ul>

## 动静结合原则

每个知识点：理论讲解（15min）→ 代码演示（15min）→ 实践操作（15min）

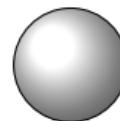
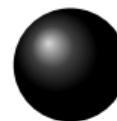


## 什么是 OMR?

## OMR: Optical Mark Recognition

光学标记识别——通过检测填涂区域来识别答案

**核心思想：**填涂区域与空白区域的**像素密度差异**



填涂 → 密度高 空白 → 密度低

## OMR vs OCR

特性	OMR (光学标记识别)	OCR (光学字符识别)
识别对象	填涂标记、气泡	文字、字符
判断依据	像素密度	特征匹配、深度学习
典型应用	标准化考试答题卡	文档数字化、车牌识别
技术复杂度	较低	较高
准确率	极高 (99%+)	取决于场景

表: OMR 与 OCR 的对比



# OMR 技术发展简史

1930s 第一台 OMR 机器用于考试评分

1960s IBM 推出大型 OMR 系统

1980s 个人电脑 + 扫描仪实现桌面 OMR

2000s 数字相机 + 图像处理实现便携 OMR

2020s 手机拍照 +AI 实现智能 OMR

**本周目标：**用 Python+OpenCV 实现一个基础的 OMR 系统



## 标准化考试答题主卡技术

## 答题卡的关键元素：

- 定位标记 (Timing \_ Marks)
    - 黑色方块/线条
    - 用于定位和校正
  - 选项气泡 (Bubbles)
    - 圆形或椭圆形
    - 规则排列
  - 填涂区域
    - 铅笔/碳素笔填涂
    - 深度影响识别
  - 导出块
    - 考号填写区
    - 需特殊识别

## 选择题识别的挑战

## 填涂质量问题

- 填涂深浅不一
  - 填涂范围不完整
  - 笔迹颜色差异

## 图像质量

- 扫描/拍摄角度偏差
  - 光照不均匀
  - 纸张折痕/污损

## 擦除与修改

- 擦除不干净的痕迹
  - 多次填涂的混乱

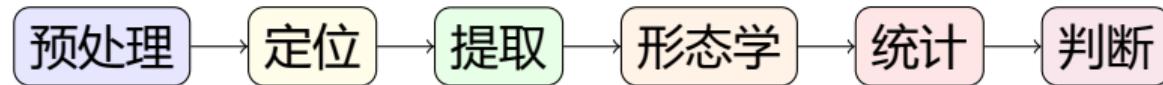
## 多选与漏选

- 多选项填涂 (多选题)
  - 所有选项未填 (空题)



## 识别流程概述

- ① **图像预处理**: 去噪、二值化、几何校正
  - ② **选项区域定位**: 找到每个选项的位置
  - ③ **提取选项图像**: 裁剪出单个选项区域
  - ④ **形态学处理**: 去除噪点、填充孔洞
  - ⑤ **统计像素密度**: 计算深色像素占比
  - ⑥ **阈值判断**: 密度超过阈值则认为已填涂



# OMR 技术在教育领域的应用

## 标准化考试：

- 高考：全国千万考生，选择题占比 60-70%
- 研究生考试：政治、英语等科目
- 英语四六级：每年超过 1800 万考生
- 公务员考试：行测部分全部为选择题
- 职业资格认证：医师、会计师、建造师等

## 在线教育：

- 在线作业与测验
- 智慧课堂互动答题
- 企业培训考核
- 职业技能鉴定

## 市场规模：

- 中国 OMR 市场年增长率约 15%



# 答题卡的历史演进

## 第一代：穿孔卡片 (1930s-1960s)

- IBM 开发，用于人口普查和考试评分
- 需要专用读卡设备
- 速度慢、成本高

## 第二代：光标阅读卡 (1960s-1990s)

- 使用石墨铅笔填涂
- 光电传感器识别
- 速度快、准确率高

## 第三代：数字化 OMR (1990s-2010s)

- 扫描仪 + 计算机处理
- 图像处理算法优化
- 成本大幅降低

## 第四代：智能 OMR (2010s 至今)



## 答题卡标准化设计原则

## 设计原则：

- ① **唯一性**: 每个填涂位置唯一对应一个选项
  - ② **独立性**: 各填涂区域互不干扰
  - ③ **可检测性**: 提供定位标记便于自动识别
  - ④ **容错性**: 允许一定程度的填涂偏差

## 常见答题卡格式：

- 橫版答題卡

- 左侧为选择题区域
  - 右侧为考号填涂区
  - 顶部为定位标记

- 竖版答题卡

- 上部为选择题区域
  - 下部为姓名考号区

#### **印刷质量要求:**

- 定位标记精度:  $\pm 0.5\text{mm}$
  - 选项气泡位置:  $\pm 1\text{mm}$
  - 线条粗细:  $0.8\text{-}1.2\text{mm}$
  - 颜色对比度:  $>70\%$

# 国内外 OMR 系统发展现状

## 国外主要厂商：

- Scantron (美国)：市场领导者，服务全球教育机构
- Pearson VUE (英国)：考试评估综合服务
- Datacard (美国)：身份证件 + 答题卡识别

## 国内主要厂商：

- 海云天：教育考试信息化龙头
- 鸥玛：OMR 设备制造商
- 新开普：智慧考试综合解决方案
- 科大讯飞：AI+OMR 智能阅卷

## 技术趋势：

- 硬件向软件服务转型
- 传统 OMR 向 AI-OMR 升级
- 离线处理向云端实时处理发展



## 为什么需要形态学处理？

### 填涂图像的常见问题：

- 铅笔痕迹不连续（有孔洞）
  - 填涂边缘不规则
  - 纸张上有噪点/污渍
  - 扫描时有颗粒噪声

### **形态学处理的作用：**

- **膨胀**: 填充孔洞, 连接断点
  - **腐蚀**: 去除噪点, 分离目标
  - **开运算**: 先腐后胀, 去噪保形
  - **闭运算**: 先胀后腐, 填充闭孔



# 结构元素 (Structuring Element)

**结构元素：**形态学操作的“探针”，决定操作的范围和形状

**常见形状：**

- 矩形 (最常用)
- 十字形
- 椭圆形

**大小选择：**

- 太小：效果不明显
- 太大：过度处理
- 推荐：(3,3) 或 (5,5)

## OpenCV 创建结构元素

```
kernel = cv2.getStructuringElement(shape, ksize)
```

