

Machine vision 抗疲劳 更快,更持久,更稳定

五大要素: 相机, 镜头, 光源, 图像处理软件, 通信工具

追踪(现在) 回溯, 过去 控制未来

系统设计步骤:

1. 具体化任务

2. 设计系统

3. 计算费用

4. 开发和安装系统

工件描述 特征

工件呈现方式 走走停停 / 连续移动

工件无法完全显视: 基于边缘算法影响很大

相机 { 线阵 智能相机  
面阵

分辨率  $R \times C$   $\uparrow$  尺寸变小, 信噪比降低, 且更贵

$$R_s = \frac{Sf}{Nf} \quad R_c = \frac{FOV}{R_s} = FOV \frac{Nf}{Sf}$$

$$\text{像素速率 } PR = \frac{R_{\text{chor}} \cdot R_{\text{cver}} \cdot fr}{R_c} + \text{overhead}$$

镜头设计

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{a'} - \frac{1}{a} \quad \beta = \frac{y'}{y} = \frac{a'}{a}$$

$$\beta = - \frac{\text{Sensor Size}}{FOV} \quad f' = a \frac{\beta}{F\beta} \quad a = f' \frac{1-\beta}{\beta}$$

光源 最大化对比度, 提高信噪比

成本计算 开发成本 / 操作成本,

量子效率 输出光电流 / 入射光电流,

满井容量 像素势阱容内最大电子数

CCD 图像质量更高, 成像速度慢, CMOS 快, 但质量差

影响图像质量因素 增益, 曝光, 触发, 格式, 分辨率

线扫描相机

横向分辨率 宽幅 / 每线像素数  $m/l$

纵向  $V \cdot T_0 / (l \cdot T_c)$   $m/l$  线 即  $m/l$

不压缩  $L_0 / H_c = V_0 \cdot T_0 / (V_c \cdot T_c)$  即  $\frac{V_0}{V_c} = \frac{L_0}{H_c} \frac{\text{物速}}{\text{扫描}} = \frac{\text{宽幅}}{\text{线像素}}$

镜头

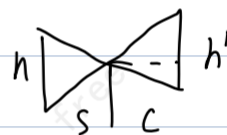
针孔

$$h' = \frac{c}{s} h$$

$c$ : 摄像机常数 / 焦距

折射(近轴)

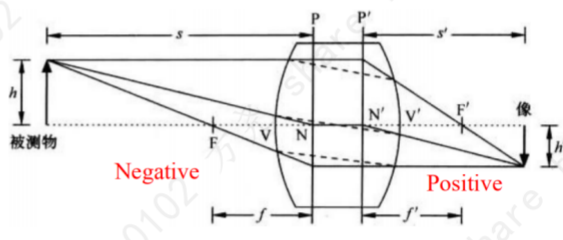
$$n_1 \alpha_1 = n_2 \alpha_2$$



$F, N, N', F'$  主要元素

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

$$\text{放大系数 } \beta = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$



对比度  $\text{contrast} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$  越高越好

景深  $F\# = \frac{f}{D} = \frac{\text{焦距}}{\text{孔径}}$  比于  $F\#$ , 反比于  $D$

畸变难以矫正, 能选长焦, 选长焦, 短焦镜头畸变难以矫正

远心镜头：放大倍数不随距离改变为常数

限制：① 视野由前端镜头直径限制

② 主光束平行光限制了近心区域与镜头直径更小

③ 不可以通过工作距离调整 FOV

光通量：光量  $\Phi$

发光强度： $\Phi / d\Omega$  (单位立体角)

照度  $d\Phi / ds$

亮度  $L = d\Phi / \cos\theta ds d\Omega$

平面光源 / 环形光源

制造对比度

基础照明技巧，亮场照明 (对平整光滑表面照明)

暗场照明 入射地面夹角  $\leq 45^\circ$

背光照明 短波，准平行光，半透明

多角度 RGB三色不同角度光照，可以实现焊点的三维信息

积分球 用于检测曲面的金属表面文字和缺陷

## 边缘提取

像素级边缘提取，亚像素级边缘提取，轮廓处理

流程：滤波  $\rightarrow$  提取边缘  $\rightarrow$  边缘处理  $\rightarrow$  显示结果

亚：流程：AOI  $\rightarrow$  提取线和边缘  $\rightarrow$  确定轮廓属性  $\rightarrow$  处理 XLD contours

## 算法1

区域  $A = \sum_{r=0}^{n-1} \sum_{c=0}^{m-1} f(r, c)$

投影  $H[r] = \sum_{c=0}^{m-1} f(r, c)$

$$H[c] = \sum_{r=0}^{n-1} f(r, c)$$

位置  $\bar{x} = \frac{\sum_{c=0}^{m-1} (c, V(c))}{A}$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{r=0}^{n-1} (r, H[r])}{A}$$

## 行程编码

欧拉数  $E = C - H$  组件数 - 孔数

元素标定(寻找连通域)

递归算法 并行增长

Row by Row

距离测量  $\sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (c_1 - c_2)^2}$

$$|r_1 - r_2| + |c_1 - c_2|$$

$$\max(|r_1 - r_2|, |c_1 - c_2|)$$

辐射度标定  $G = aE + b$   $Gray = a \cdot Energy$

图像平滑 时域平均 不同时采n幅图像

中值滤波

边缘效应

仿射变换  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & t_r \\ 0 & 1 & t_c \end{pmatrix}$  Translation

$\begin{pmatrix} S_r & 0 & 0 \\ 0 & S_c & 0 \end{pmatrix}$  r, c 方向尺度变换

$\begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \end{pmatrix}$  旋转  $\alpha$

$\begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & 0 \\ \sin\alpha & 1 & 0 \end{pmatrix}$  倾斜  $\alpha$  角

双线性插值 旋转图像

降采样

极变换

图像分割

阈值法

特征提取

边缘长度

矩形度  $R = \frac{A_0}{A_{MER}}$  圆形度  $C = \frac{P^2}{4\pi A}$

模板匹配

SAD SSD 光照敏感,

归一化互相关函数 NCC

$$NCC(r, c) = \frac{1}{n} \sum_{(u, v) \in T} \frac{t(u, v) - m_t}{\sqrt{s_t^2}} \cdot \frac{f(r+u, c+v) - m_f(r, c)}{\sqrt{s_f^2(r, c)}}$$

亚像素基于灰度级

鲁棒模板 易受干扰, 计算负荷巨大,

## 鲁棒模板匹配

给定模板, 计算重心,

计算边界点, 计算边界点的梯度, 得到夹角(梯度与圆心向量)

构造 R-table

对每个边界点投票 得票最多, 即为中心

旋转+尺度变换 引入两个参数

## • 基于形状模板匹配

点+梯度向量, 平移+旋转, 直至重合

一维边缘  $|f'(x)| \geq 20$  或者  $f(x) = 0$

二维通过一维近似