



南京理工大学

NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

显著物体检测计算方法及其应用 (博士学位论文答辩)

答辩人：楼竞

指导教师：任明武 教授

2018.09.29

提 纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

提 纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

1.1 论文背景与研究意义

“人类在同一个感官行为中不可能同时感知到两个物体”

—— 亚里士多德，350 B.C.E

<http://classics.mit.edu/Aristotle/sense.2.2.html>

1.1 论文背景与研究意义

发展历程

- 选择性视觉注意
- A. Treisman 和 C. Koch 等人：显著性、显著图
- 1998, L. Itti 等人：视点预测——视觉显著性计算
- 2007, 刘铁等人：显著物体检测
- 2010, D. Jacobs 等人：协同显著性

应用领域

- 预处理/后处理的辅助技术
- 目标检测、目标识别、目标分割、图像分割、图像编辑、图像检索、图像质量评价、物体发现、人机交互、场景分类、图像与视频压缩、视频摘要、视觉跟踪等

1.1 论文背景与研究意义



南开新闻网：<http://news.nankai.edu.cn/nkyw/system/2017/12/24/000362595.shtml>

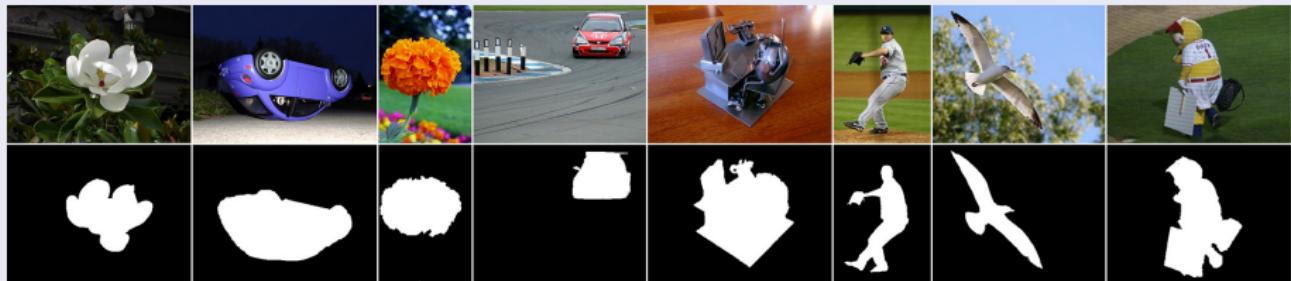
1.1 论文背景与研究意义



车牌粗定位

1.2.1 视觉显著性计算的主要任务

显著物体检测 (Salient Object Detection)



显著物体检测的主要任务

- 针对单张图像
 - (1) 检测出图像中的显著物体
 - (2) 得到显著物体区域的精确分割

1.2.1 视觉显著性计算的主要任务

协同显著物体检测 (Co-salient Object Detection)



协同显著物体检测的主要任务

- 针对两张或多张图像
- 四个部分组成：
 - 共同的前景 (✓)
 - 共同的背景
 - 非共同的前景
 - 非共同的背景

1.2.2 显著物体检测的研究现状

编年史

- 第一阶段——视觉显著性计算：TPAMI'1998，L. Itti 等人
- 第二阶段——显著物体检测：
 - CVPR'2007，刘铁等人，矩形标注
 - CVPR'2009，R. Achanta 等人，物体区域标注
- 第三阶段——深度模型：IJCV'2015，何盛烽等人

方法分类

- 依据视觉注意机制：
 - 自底向上：快速的、数据驱动（√）
 - 自顶向下：慢速的、任务驱动
- 依据操作对象：
 - 基于图像块的检测方法：矩形块、像素（√）
 - 基于区域的检测方法：超像素（√）
- 依据检测机制：
 - 自底向上的方法（√）
 - 基于融合的方法（√）
 - 基于学习的方法

1.2.4 显著物体检测方法的性能度量

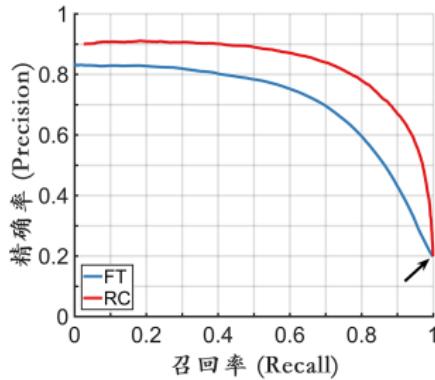
显著图



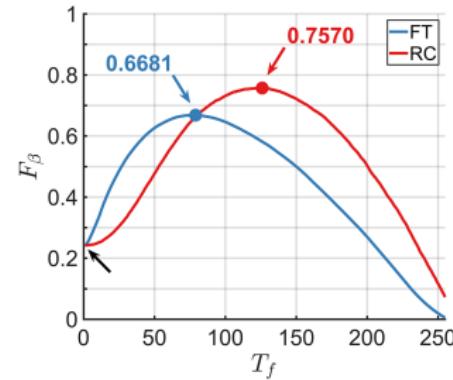
1.2.4 显著物体检测方法的性能度量

(1) 使用固定阈值 $T_f \in [0, 255]$ 分割

- F_β 曲线的均值 (Average F_β , 简记为 AvgF)
- F_β 曲线的峰值 (Maximal F_β , 简记为 MaxF)



(a) P-R 曲线图



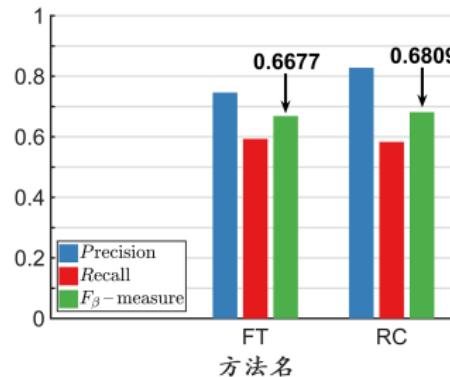
(b) F_β 曲线图

1.2.4 显著物体检测方法的性能度量

(2) 使用自适应阈值 T_a 分割

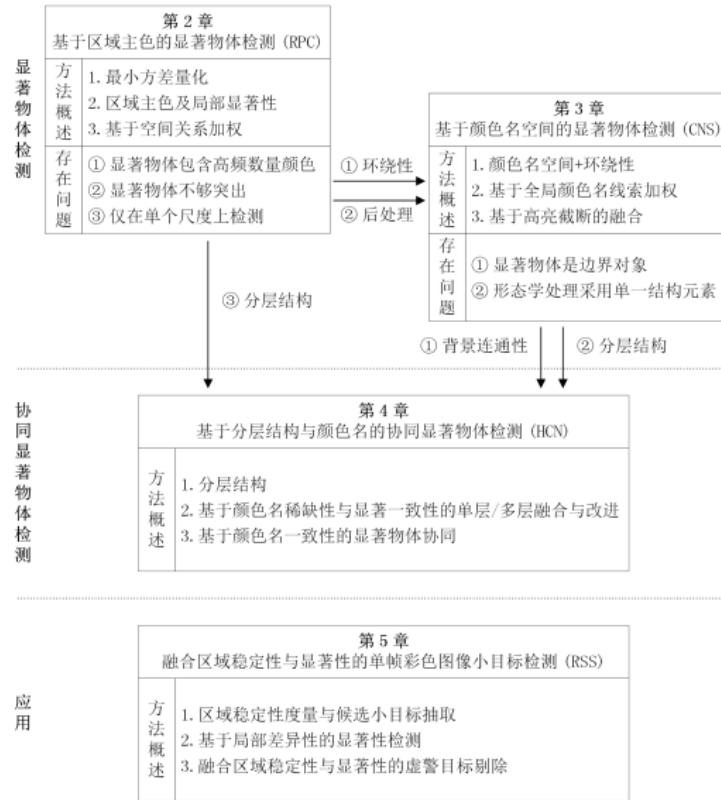
$$T_a = \frac{2}{W \times H} \sum_{x=1}^W \sum_{y=1}^H S(x, y) \quad (1.16)$$

- 自适应阈值的 F_β (Adaptive F_β , 简记为 AdpF)



(a) $P-R-F_\beta$ 柱状图

1.4 论文内容安排



提纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

2.1 引言

简介

- 基于区域主色 (Regional Principal Color) 的显著物体检测方法，简记为“RPC”
- Jing Lou, Mingwu Ren, Huan Wang. Regional Principal Color Based Saliency Detection. *PLoS ONE*, vol. 9, no. 11, pp. e112475: 1–13, 2014.
- 论文主页：<http://www.loujing.com/rpc-saliency/>

2.2 研究动机与出发点

CVPR'2011, 程明明等人

- HC 方法

- (1) RGB 每个通道均匀量化为 12 级, 共 12^3 种颜色
- (2) 基于颜色直方图加速的全局颜色对比 (在 LAB 空间度量)
- (3) 颜色空间平滑 (利用颜色直方图仅保留 95% 高频出现颜色)

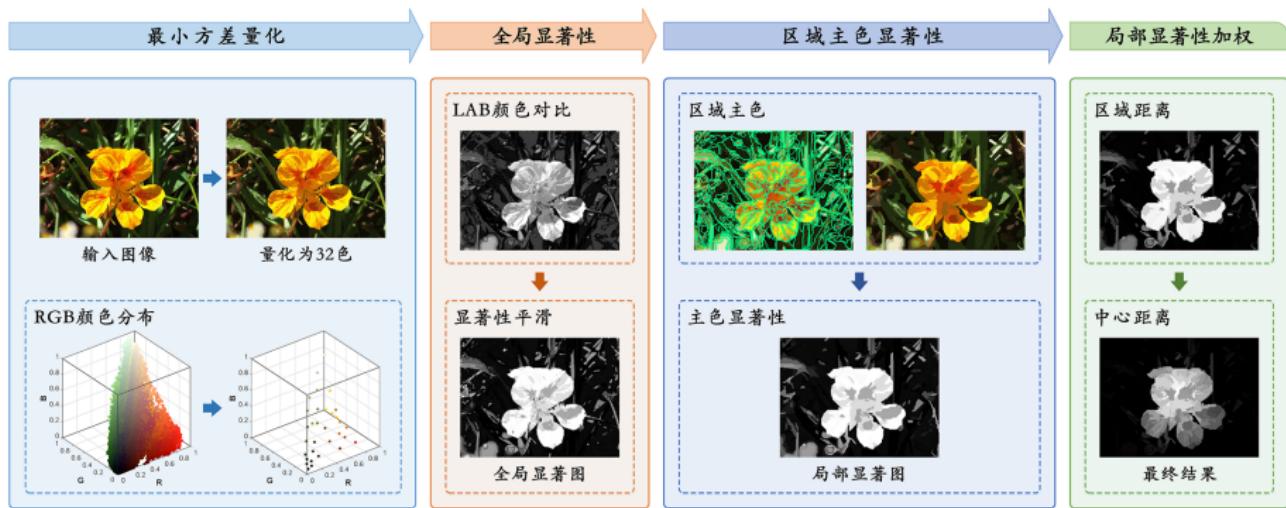
- RC 方法

- (1) 利用超像素分割得到区域
- (2) 利用区域的颜色直方图进行差异对比 (考虑区域大小)
- (3) 考虑区域之间的距离

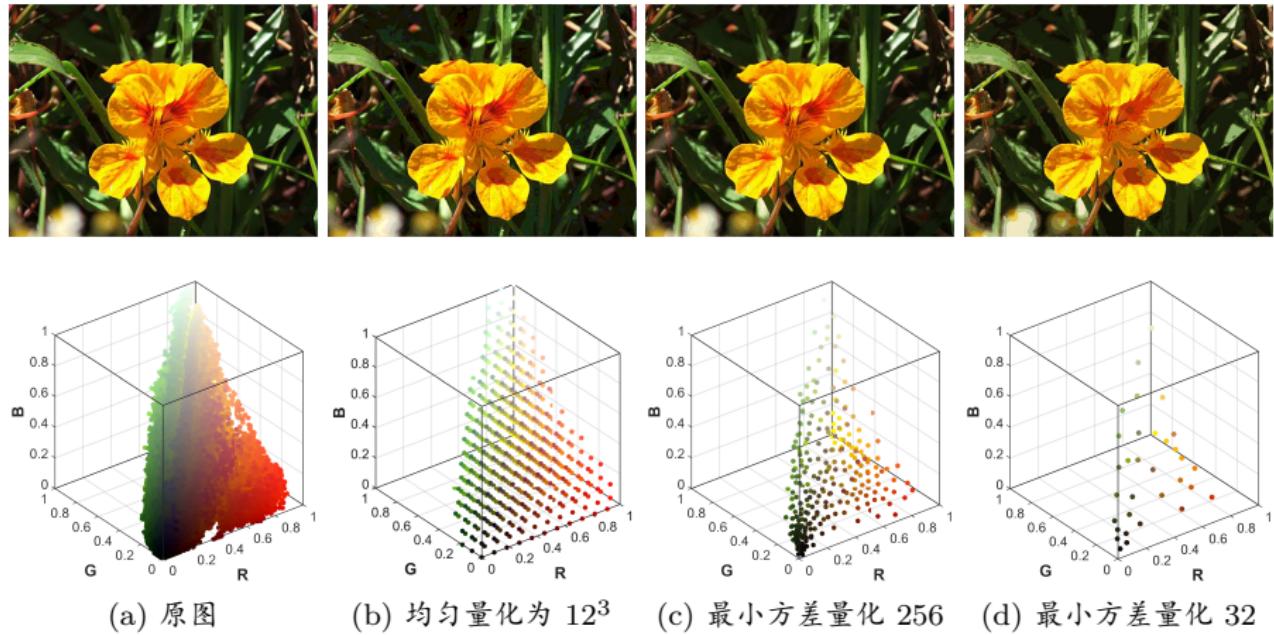
RPC 方法

- (1) 均匀量化 → 最小方差量化 (在颜色数更少的情况下性能更优)
- (2) 使用区域主色 (降低计算复杂度、不再需要颜色直方图)
- (3) 改进了基于区域距离的加权方式, 增加了中心加权

2.3 方法框架



2.4.1 基于最小方差量化的全局显著性计算



2.4.1 基于最小方差量化的全局显著性计算

量化方式	量化颜色数	红色 (R)	绿色 (G)	蓝色 (B)	平均
均匀量化	$12^3 = 1728$.0210	.0234	.0212	.0219
最小方差量化	$12^3 = 1728$.0086	.0086	.0083	.0085
	256	.0151	.0146	.0146	.0148
	32	.0320	.0283	.0284	.0295

2.4.1 基于最小方差量化的全局显著性计算

$$S(c_i) = \sum_{j=1}^N f_j D(c_i, c_j) \quad (2.1)$$

$$D(c_i, c_j) = \| (L_i, A_i, B_i) - (L_j, A_j, B_j) \|_2 \quad (2.2)$$

$$\tilde{S}(c_i) = \sum_{j=1}^m \frac{T - D(c_i, c_j)}{(m-1)T} S(c_j) \quad (2.3)$$

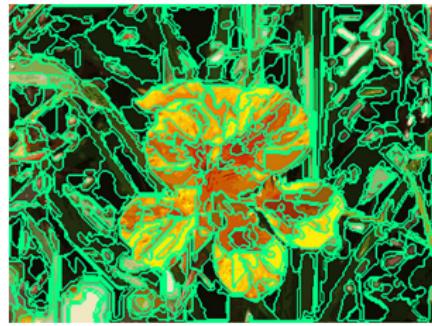


(a) 全局显著图



(b) 显著性平滑

2.4.2 基于区域主色的局部显著性计算



(a) 超像素



(b) 区域主色



(c) 区域显著图

2.4.3 基于空间距离的局部显著性加权

$$\tilde{S}(r_i) = f_i S(r_i) + \sum_{j=1}^k \frac{f_j \phi(r_i, r_j)}{\exp\{D(r_i, r_j)^2\}} \quad (2.4)$$

$$\phi(r_i, r_j) = \begin{cases} S(r_i) - S(r_j), & \text{if } S(r_i) > S(r_j); \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.5)$$



(a) 区域间距离加权

算法复杂度

- $\tilde{S}(r_i)$: $\mathcal{O}(kN^2) \rightarrow \mathcal{O}(k)$
- 整图: $\mathcal{O}(k^2 N^2) \rightarrow \mathcal{O}(k^2)$

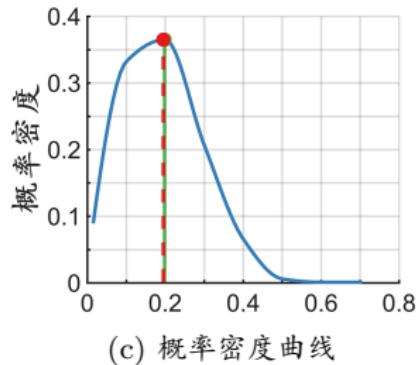
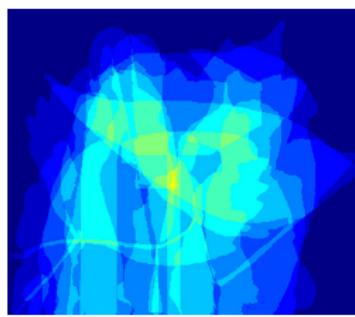
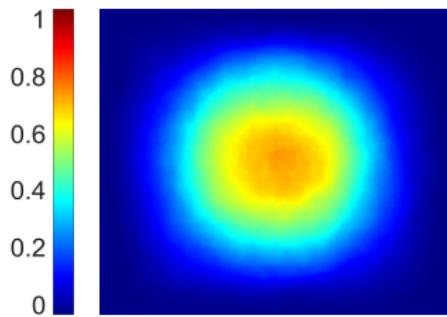
2.4.3 基于空间距离的局部显著性加权

$$\hat{S}(r_i) = \frac{\tilde{S}(r_i)}{\exp \left\{ D(r_i, I_c)^2 / \sigma \right\}} \quad (2.6)$$



(a) 区域与图像中心距离加权

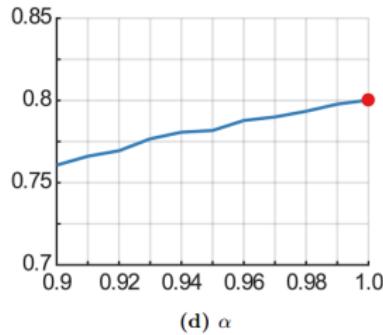
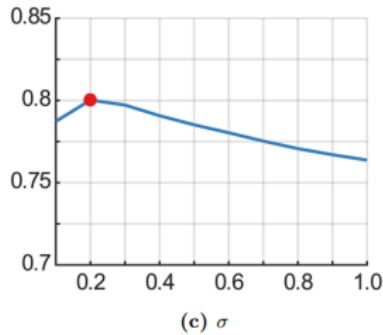
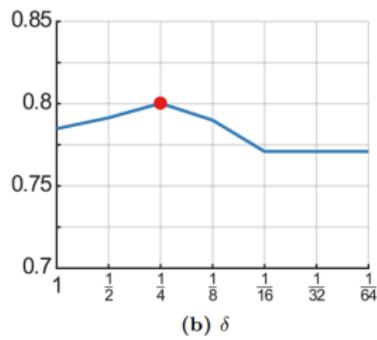
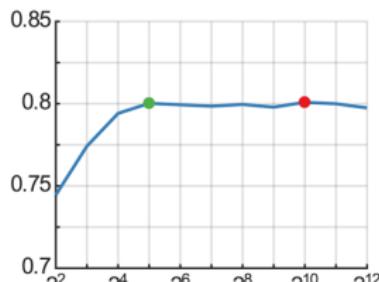
2.5.1 数据集简介



2.5.2 参数分析

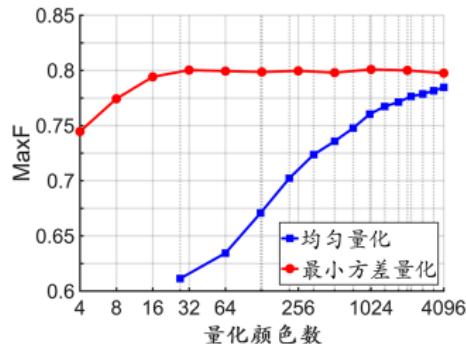
- N : 量化颜色数
- δ : 显著性平滑比例
- σ : 中心加权的权重

参数名	最优参数值
N	32
δ	1/4
σ	0.2

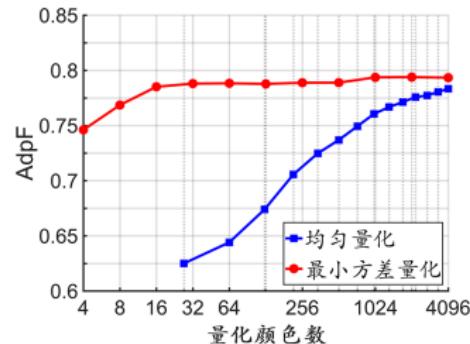


2.5.3 量化方式与中心加权对方法性能的影响

- 量化方式



(a) MaxF

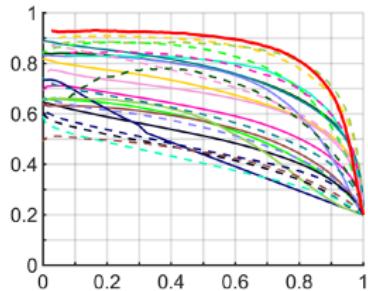


(b) AdpF

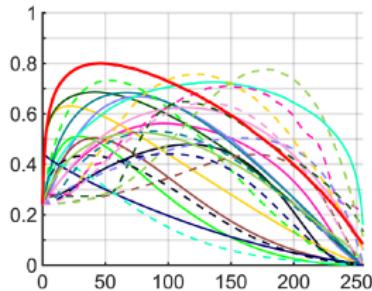
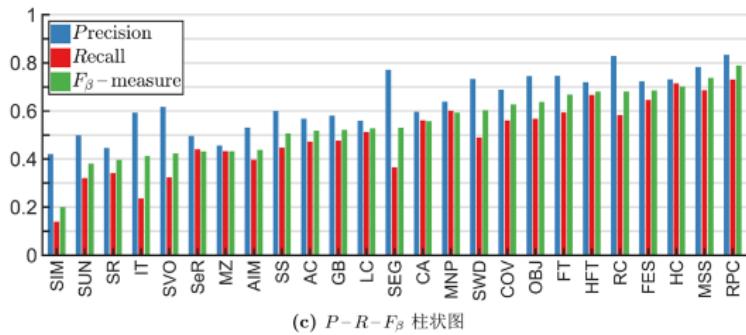
- 中心加权

方法	AvgF	MaxF	AdpF	平均
去除中心加权	.6355	.7324	.7162	.6947
RPC	.5762	.8002	.7880	.7215

2.5.4 与其它显著性方法的性能比较



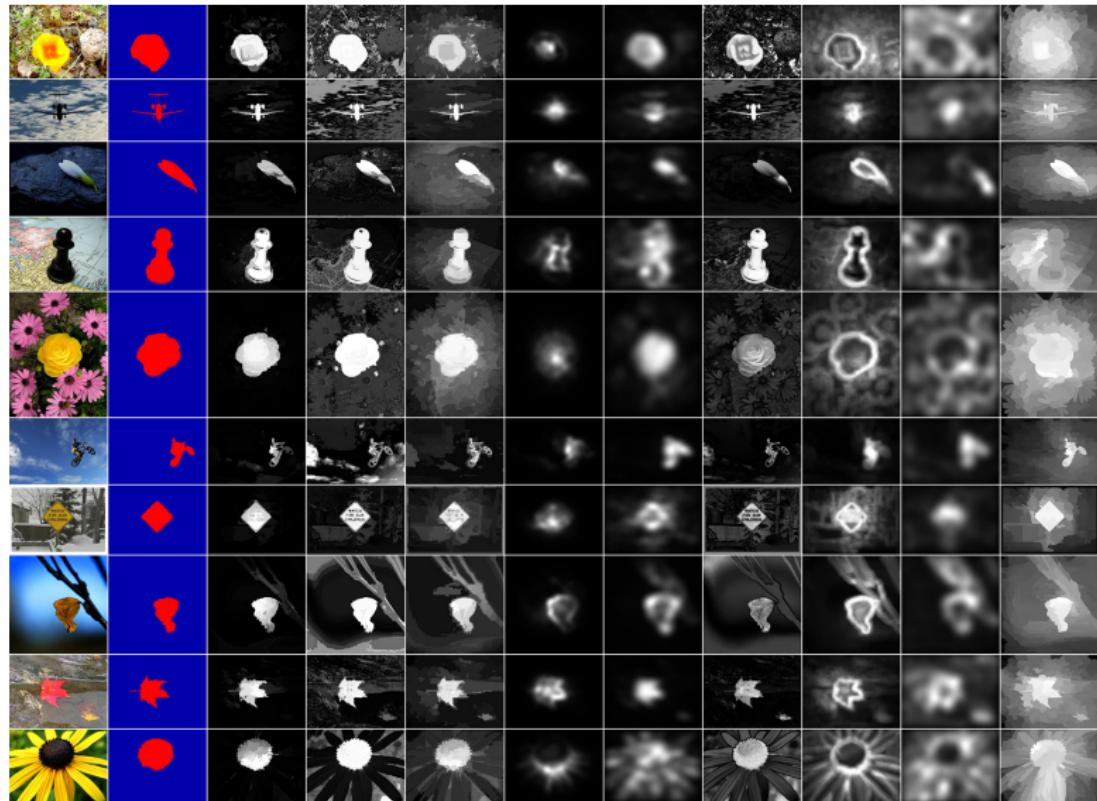
(a) P-R 曲线图

(b) F_β 曲线图(c) P-R- F_β 柱状图

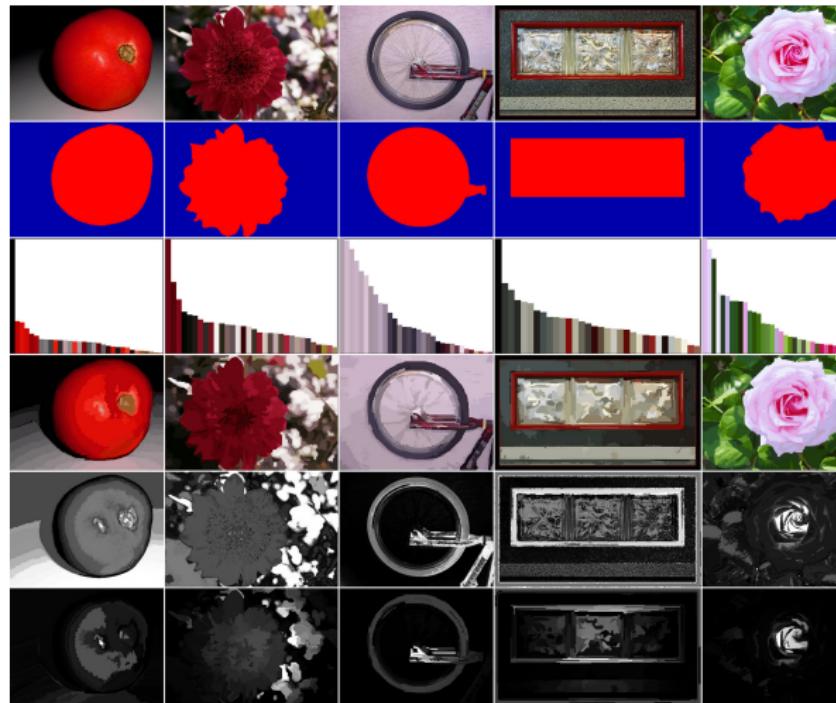
2.5.4 与其它显著性方法的性能比较

序号	方法	AvgF	MaxF	AdpF	平均	13	MSS ^[112]	.4116	.7321	.7369	.6269
1	AC ^[108]	.2139	.5107	.5174	.4140	14	MZ ^[55]	.2229	.4354	.4318	.3633
2	AIM ^[109]	.3201	.4784	.4370	.4118	15	OBJ ^[49]	.5139	.7095	.6367	.6200
3	CA ^[68]	.4043	.5615	.5569	.5076	16	RC ^[29]	.5192	.7570	.6809	.6523
4	COV ^[110]	.3413	.6305	.6264	.5327	17	SEG ^[113]	.4305	.6485	.5288	.5359
5	FES ^[111]	.4484	.6859	.6840	.6061	18	SeR ^[114]	.3975	.5037	.4300	.4437
6	FT ^[32]	.4342	.6681	.6677	.5900	19	SIM ^[115]	.3162	.4384	.2002	.3183
7	GB ^[89]	.2478	.5041	.5207	.4242	20	SR ^[37]	.1435	.3964	.3964	.3121
8	HC ^[29]	.6113	.7255	.7009	.6793	21	SS ^[116]	.3581	.5308	.5062	.4651
9	HFT ^[46]	.4526	.6839	.6806	.6057	22	SUN ^[117]	.2916	.4402	.3803	.3707
10	IT ^[7]	.1701	.4357	.4118	.3392	23	SVO ^[118]	.4966	.7760	.4227	.5651
11	LC ^[90]	.3678	.5268	.5272	.4739	24	SWD ^[119]	.4399	.6434	.6033	.5622
12	MNP ^[17]	.4734	.6246	.5919	.5633	25	RPC	.5762	.8002	.7880	.7215
						平均		.3841	.5939	.5466	.5082

2.5.4 与其它显著性方法的性能比较



2.5.5 实验结果讨论



问题

显著区域的颜色属于
场景中 **高频数量颜色**,
稀缺性

解决

引入环绕性线索

2.6 本章小结

小结

- 最小方差量化
- 区域主色
- 区域空间关系

展望

- 显著物体包含高频数量颜色——环绕性 (第 3 章)
- 显著物体不够突出——后处理 (第 3 章)
- 单一尺度——分层结构 (第 4 章)

提纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

3.1 引言

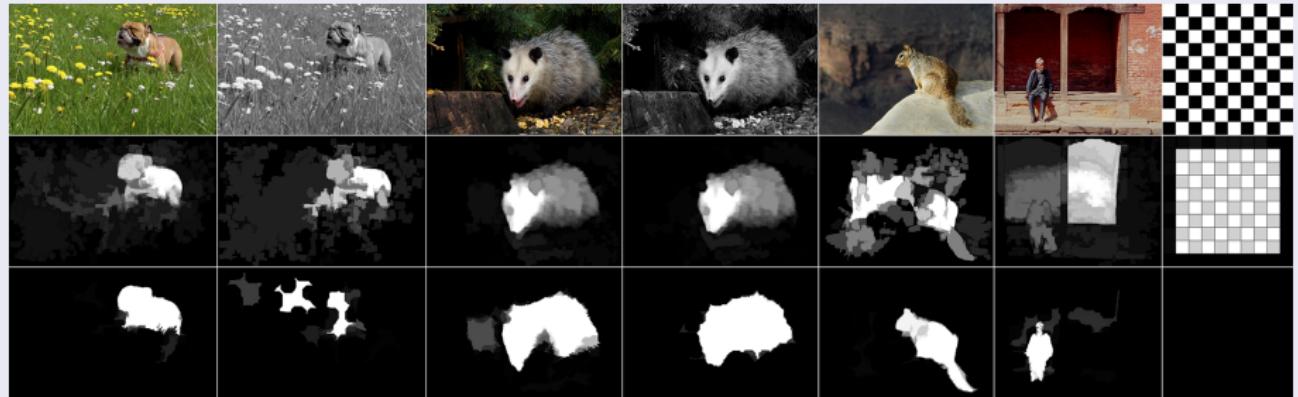
简介

- 基于颜色名空间 (Color Name Space) 的显著物体检测方法，简记为“CNS”
- Jing Lou, Huan Wang, Longtao Chen, Qingyuan Xia, Wei Zhu, Mingwu Ren. Exploiting Color Name Space for Salient Object Detection. *arXiv preprint*, pp. 1–13, 2017. <https://arxiv.org/abs/1703.08912>
- 论文主页：<http://www.loujing.com/cns-sod/>

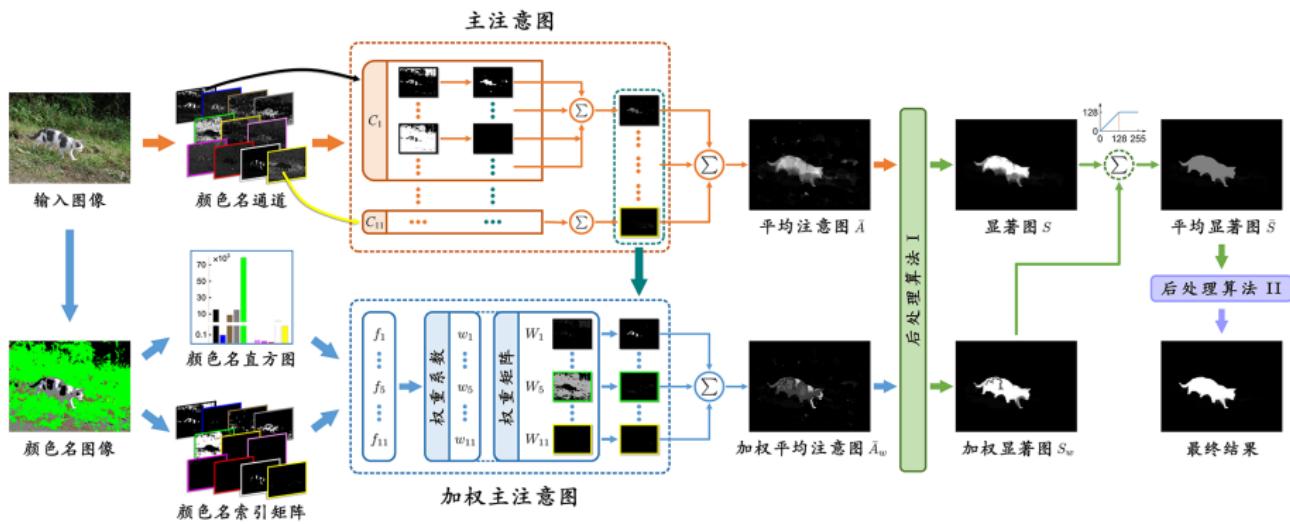
3.2 研究动机与出发点

ICCV'2013, BMS 方法

- (1) 格式塔心理学的图形 – 背景分离
- (2) 序列化阈值分割 → 布尔图
- (3) 去除边界区域 → 注意图
- (4) 线性融合 + 后处理



3.3 方法框架



3.4.1 基于颜色名通道和环绕性线索的注意图生成

表 3.1 英语语言中 11 个基本的颜色名

i	颜色名 (t_i)	中文名	RGB 颜色值 (c_i)		
			R	G	B
1	Black	黑	0	0	0
2	Blue	蓝	0	0	1
3	Brown	棕	.5	.4	.25
4	Grey	灰	.5	.5	.5
5	Green	绿	0	1	0
6	Orange	橙	1	.8	0
7	Pink	粉红	1	.5	1
8	Purple	紫	1	0	1
9	Red	红	1	0	0
10	White	白	1	1	1
11	Yellow	黄	1	1	0

3.4.1 基于颜色名通道和环绕性线索的注意图生成

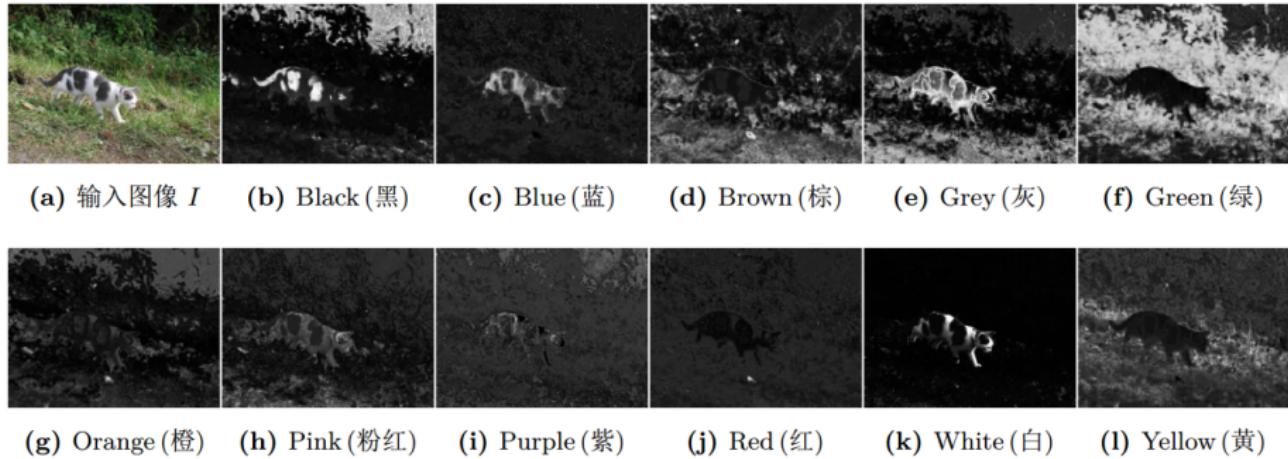


图 3.3 颜色名空间中的 11 个颜色名通道

3.4.1 基于颜色名通道和环绕性线索的注意图生成

$$B_i^j = \text{THRESH}(C_i, \theta_j) \quad (3.4)$$

$$\tilde{B}_i^j = \text{INVERT}(B_i^j) \quad (3.5)$$

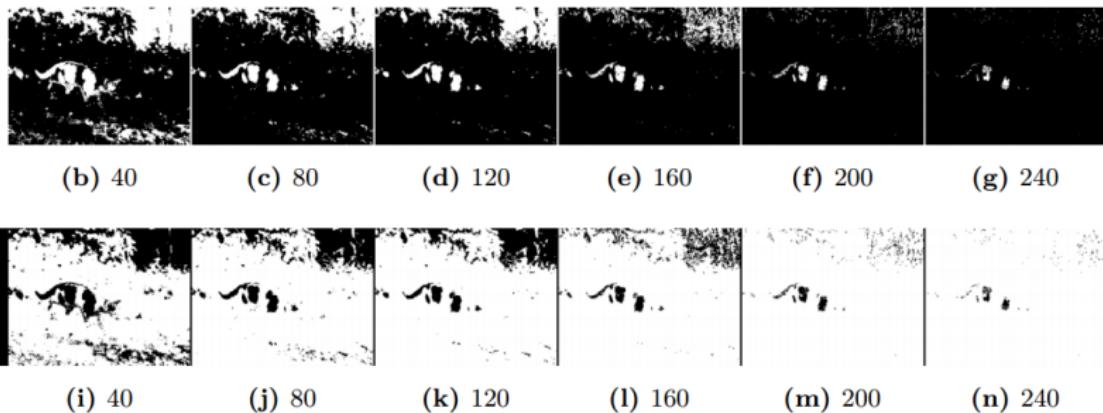


图 3.4 对黑色通道 C_1 序列化分割得到的部分布尔图

3.4.1 基于颜色名通道和环绕性线索的意图生成

算法 3.1 布尔图和意图生成

输入: 经过尺寸缩放的输入图像 I

输出: 各颜色名通道的正相注意图 A_i^j 和反相注意图 \tilde{A}_i^j

```

1: 将  $I$  转换到颜色名空间 C
2: for each  $C_i \in C$  do
3:   for  $\theta_j = 0 : \delta : 255$  do
4:      $B_i^j = \text{THRESH}(C_i, \theta_j)$                                 ▷ 正相布尔图
5:      $B_i^j = \text{CLOSE}(B_i^j, \omega_c)$                             ▷ 闭运算
6:      $B_i^j = \text{FILL}(B_i^j)$                                     ▷ 孔洞填充
7:      $A_i^j = \text{CLEAR-BORDER}(B_i^j)$                            ▷ 边界对象清除
8:    $\tilde{B}_i^j = \text{INVERT}(B_i^j)$                                 ▷ 反相布尔图
9:    $\tilde{B}_i^j = \text{CLOSE}(\tilde{B}_i^j, \omega_c)$ 
10:   $\tilde{B}_i^j = \text{FILL}(\tilde{B}_i^j)$ 
11:   $\tilde{A}_i^j = \text{CLEAR-BORDER}(\tilde{B}_i^j)$ 
12: end for
13: end for

```

3.4.1 基于颜色名通道和环绕性线索的注意图生成

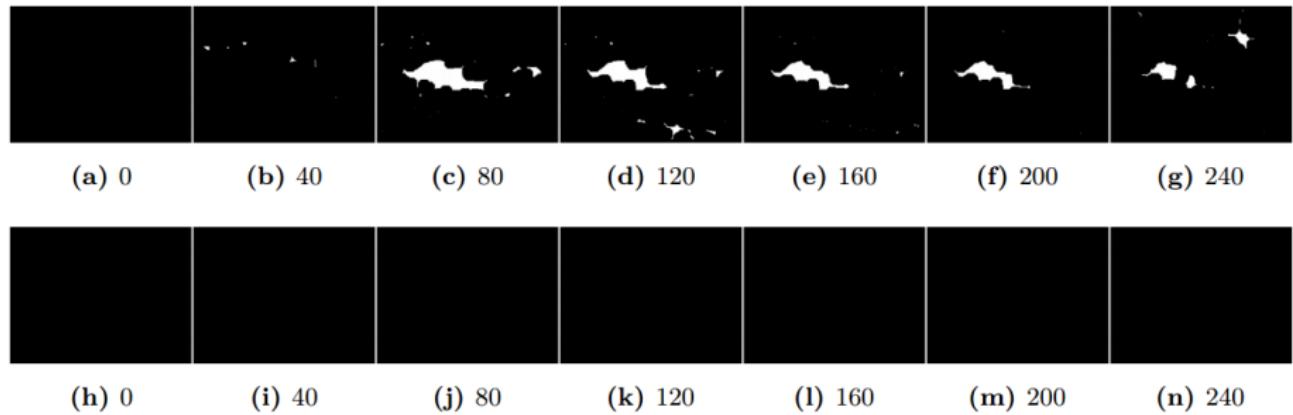
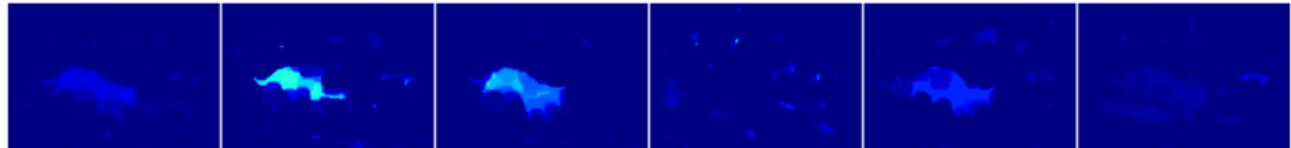


图 3.5 由图 3.4 中的布尔图对应得到的注意图

3.4.2 基于线性融合和后处理的显著性计算

$$A_i = \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \left(A_i^j + \tilde{A}_i^j \right) \quad (3.6)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \quad (3.7)$$

(a) \bar{A}

(b) Black (黑)

(c) Blue (蓝)

(d) Brown (棕)

(e) Grey (灰)

(f) Green (绿)



(g) Orange (橙)

(h) Pink (粉红)

(i) Purple (紫)

(j) Red (红)

(k) White (白)

(l) Yellow (黄)

图 3.6 主注意图和平均注意图

3.4.2 基于线性融合和后处理的显著性计算

算法 3.2 后处理算法 I

输入: 归一化后的平均注意图 \bar{A}

输出: 显著图 S

- 1: $S = \text{RECONSTRUCT}(\bar{A}, \omega_r)$ ▷ 由形态学重构做开运算
 - 2: $S = \text{NORMALIZE}(S, [0, 255])$ ▷ 归一化到 [0, 255] 区间
 - 3: $S = \text{ADJUST}(S, \vartheta_r, \vartheta_g)$ ▷ 亮度变换
 - 4: $S = \text{FILL}(S)$ ▷ 孔洞填充
-

3.4.2 基于线性融合和后处理的显著性计算

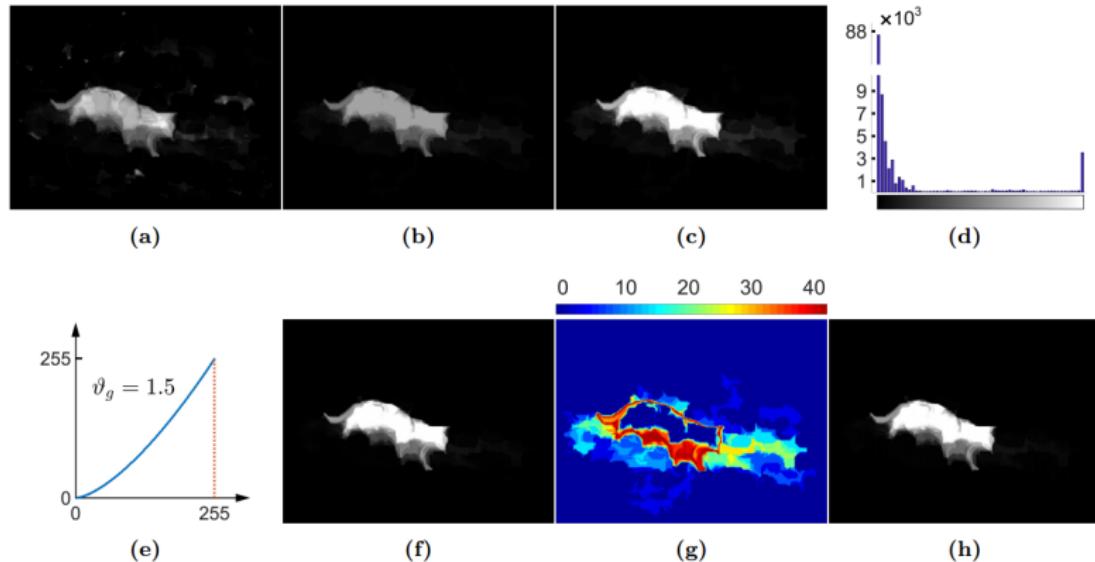
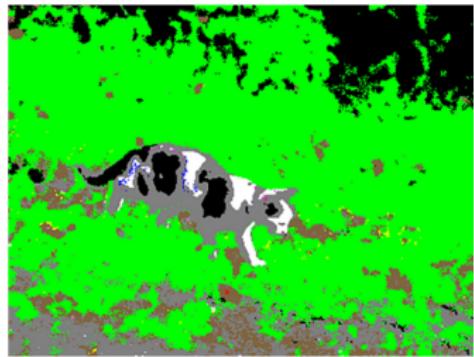
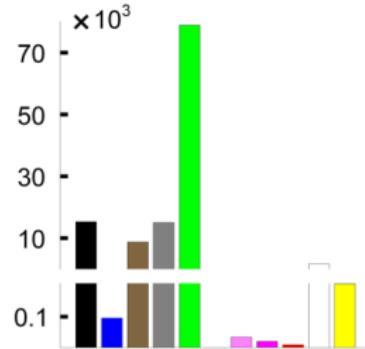


图 3.7 后处理算法 I。 (a) 将图 3.6(a) 归一化; (b) 对图 (a) 重构的结果; (c) 将图 (b) 归一化到 $[0, 255]$ 区间; (d) 图 (c) 的直方图; (e) 亮度映射曲线; (f) 对图 (c) 使用参数值 $\vartheta_r = 0.02$ 、 $\vartheta_g = 1.5$ 亮度变换的结果; (g) 图 (c) 与图 (f) 的差图像; (h) 显著图 S

3.4.3 基于全局颜色名线索的显著性加权



(a)



(b)

图 3.8 颜色名图像与颜色名直方图。(a) 图 3.3(a) 的颜色名图像; (b) 图 (a) 的颜色名直方图

3.4.3 基于全局颜色名线索的显著性加权

$$M_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } M(x, y) = i; \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.12)$$

$$W_i = f_i M_i \quad (3.13)$$

表 3.2 基于统计的颜色名概率

i	1	2	3	4	5
颜色名 (t_i)	Black (黑)	Blue (蓝)	Brown (棕)	Grey (灰)	Green (绿)
像素数	15,321	96	8,746	15,078	78,905
概率 (f_i)	0.1277	0.0008	0.07288	0.12565	0.6575
6	7	8	9	10	11
Orange (橙)	Pink (粉红)	Purple (紫)	Red (红)	White (白)	Yellow (黄)
0	33	20	9	1,586	206
0	0.000275	0.0001667	0.000075	0.01322	0.001717

3.4.3 基于全局颜色名线索的显著性加权

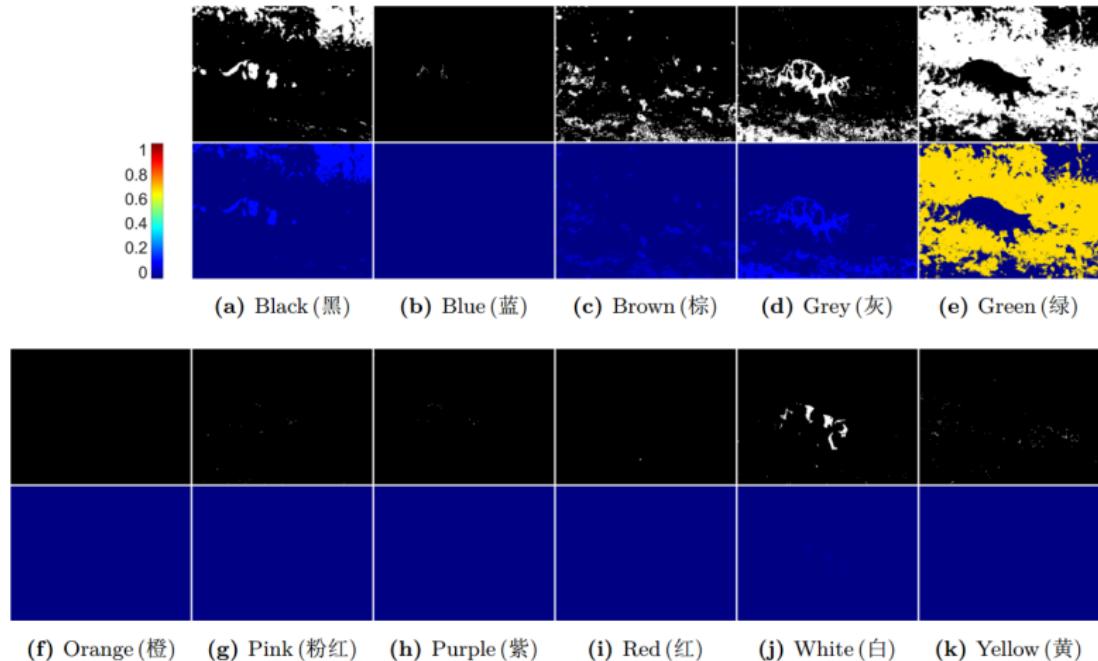


图 3.9 基于统计和分布得到的颜色名索引矩阵和权重矩阵。(a)–(k) 对应 11 个颜色名通道, 各子图中第 1 行为颜色名索引矩阵, 第 2 行为权重矩阵

3.4.3 基于全局颜色名线索的显著性加权

$$\bar{A}_w = \sum_{i=1}^N w_i \cdot \mathbf{N}(W_i \circ A_i) \quad (3.15)$$

$$w_i = \sum_{j=1}^N f_j \|c_i - c_j\|_2^2 \quad (3.16)$$

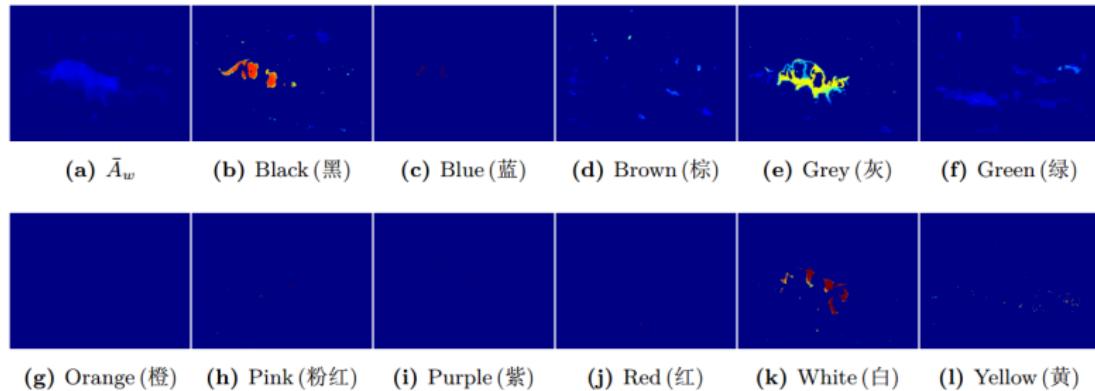


图 3.10 加权主注意图和加权平均注意图。(a) 加权平均注意图 \bar{A}_w ; (b)–(l) 11 个颜色名通道的加权主注意图

3.4.3 基于全局颜色名线索的显著性加权

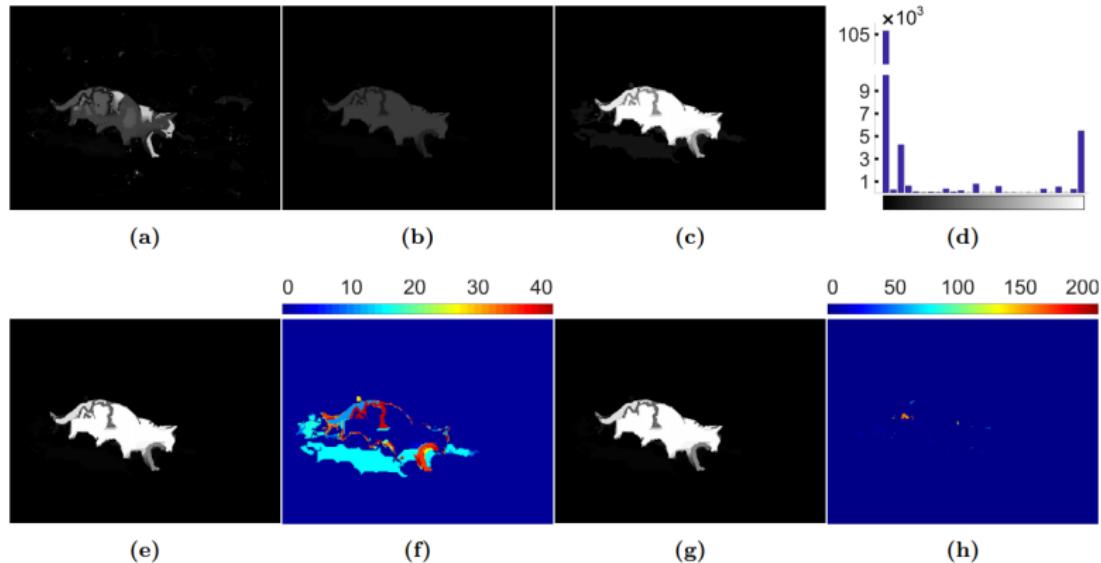


图 3.11 将后处理算法 I 应用于加权平均注意图 \bar{A}_w 。(a) 将图 3.10(a) 归一化; (b) 对图 (a) 重构的结果; (c) 将图 (b) 归一化到 $[0, 255]$ 区间; (d) 图 (c) 的直方图; (e) 对图 (c) 使用参数值 $\vartheta_r = 0.02$ 、 $\vartheta_g = 1.5$ 亮度变换的结果; (f) 图 (c) 与图 (e) 的差图像; (g) 对图 (e) 孔洞填充后得到的加权显著图 S_w ; (h) 图 (e) 与图 (g) 的差图像

3.4.4 基于高亮截断和后处理的显著性融合

$$\bar{S} = \frac{[S + S_w]_0^{255}}{2} \quad (3.17)$$

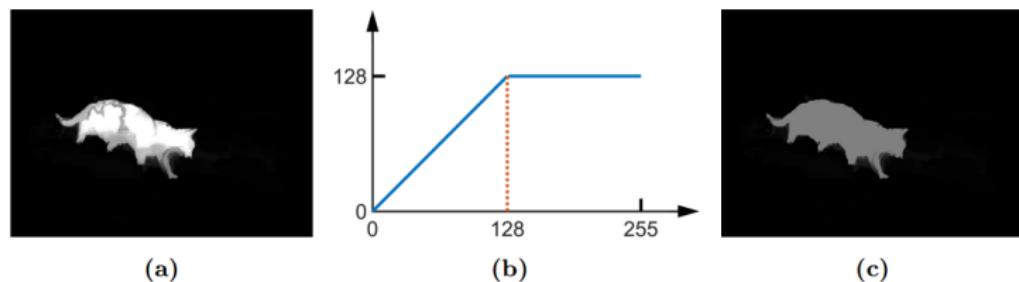


图 3.12 基于高亮截断的线性融合。(a) 对图 3.7(h) 和 3.11(g) 直接线性平均的结果; (b) 高亮截断的亮度映射曲线; (c) 平均显著图 \bar{S}

3.4.4 基于高亮截断和后处理的显著性融合

算法 3.3 后处理算法 II

输入: 平均显著图 \bar{S}

输出: CNS 方法最终检测得到的显著图 \hat{S}

- 1: $\hat{S} = \text{ADJUST}(\bar{S}, \vartheta_r, \vartheta_g)$ ▷ 亮度变换
 - 2: $\hat{S} = \text{FILL}(\hat{S})$ ▷ 孔洞填充
 - 3: $\hat{S} = \text{RESIZE}(\hat{S})$ ▷ 缩放回原图大小
-

3.4.4 基于高亮截断和后处理的显著性融合

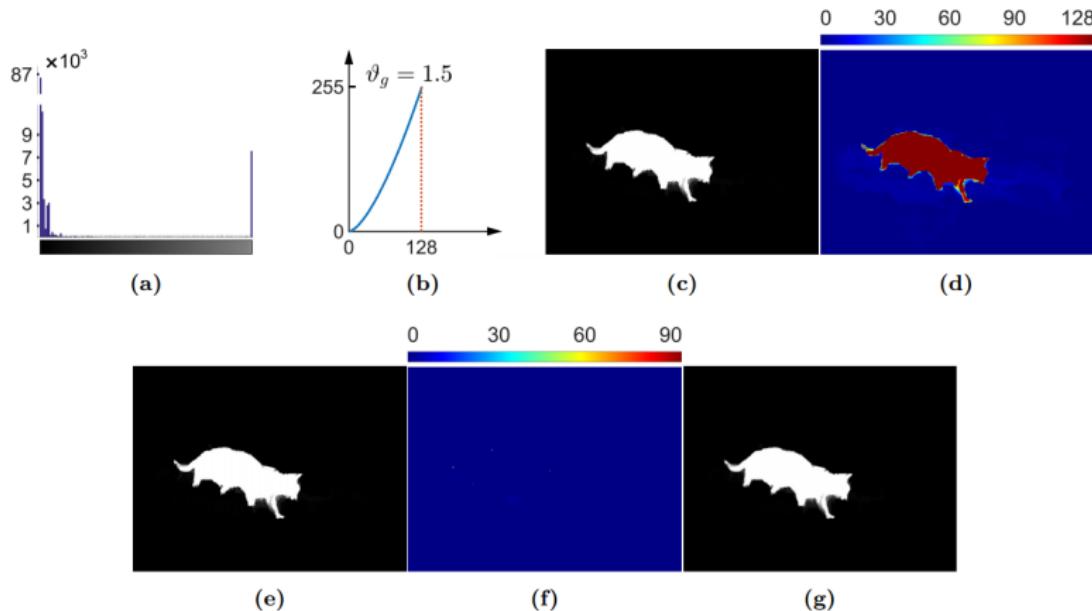


图 3.13 后处理算法 II。(a) 图 3.12(c) 的直方图; (b) 亮度映射曲线; (c) 对图 3.12(c) 使用参数值 $\vartheta_r = 0.02$ 、 $\vartheta_g = 1.5$ 亮度变换的结果; (d) 图 3.12(c) 与图 (c) 的差图像; (e) 对图 (c) 孔洞填充的结果; (f) 图 (c) 与图 (e) 的差图像; (g) 缩放回原图大小后得到的最终显著图 \hat{S}

3.5.1 数据集简介



图 3.14 ECSSD 数据集示意图

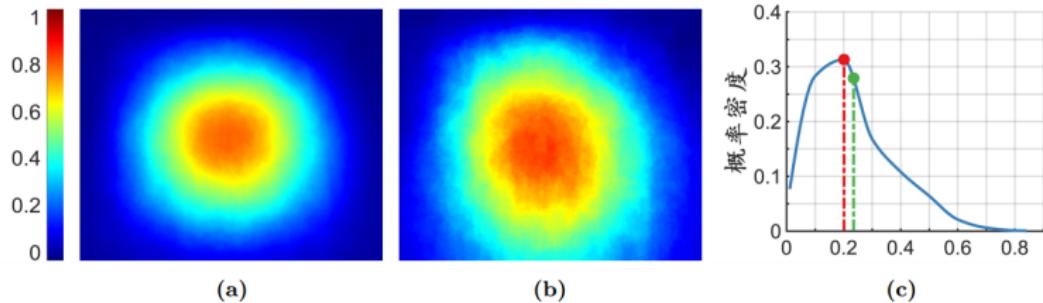
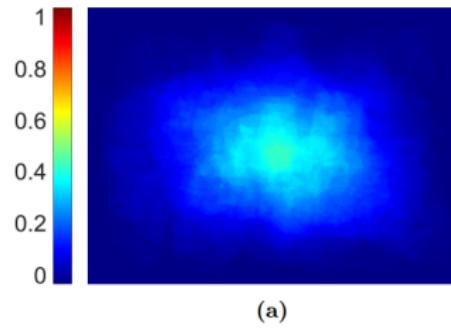
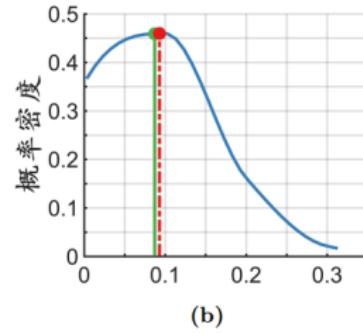


图 3.15 ECSSD 数据集特性统计。(a) 数据集的平均标注图 (归一化到 $[0, 1]$)；(b) 与图像边界连接的显著区域的平均标注图 (归一化到 $[0, 1]$)；(c) 显著区域大小的概率密度曲线： x 轴表示显著区域占所在图像面积大小的比例

3.5.1 数据集简介



(a)



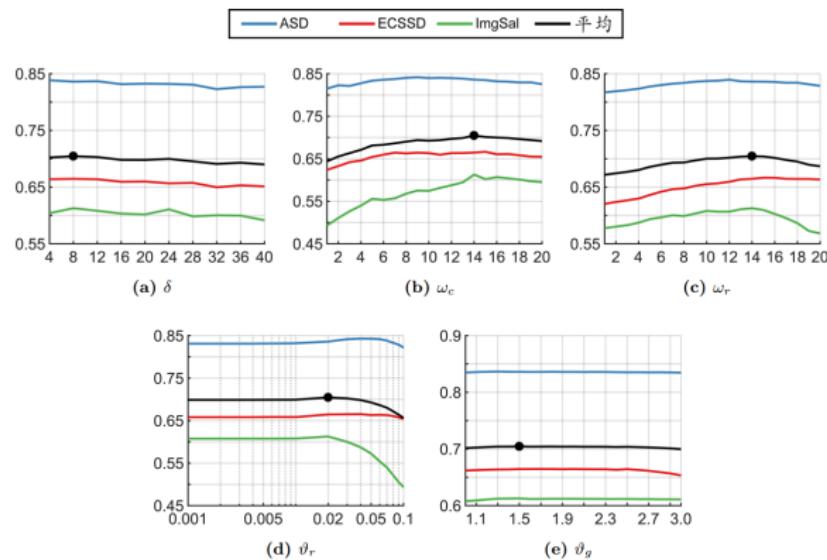
(b)

图 3.17 ImgSal 数据集特性统计。(a) 数据集的平均标注图 (归一化到 $[0, 1]$); (b) 显著区域大小的概率密度曲线: x 轴表示显著区域占所在图像面积大小的比例

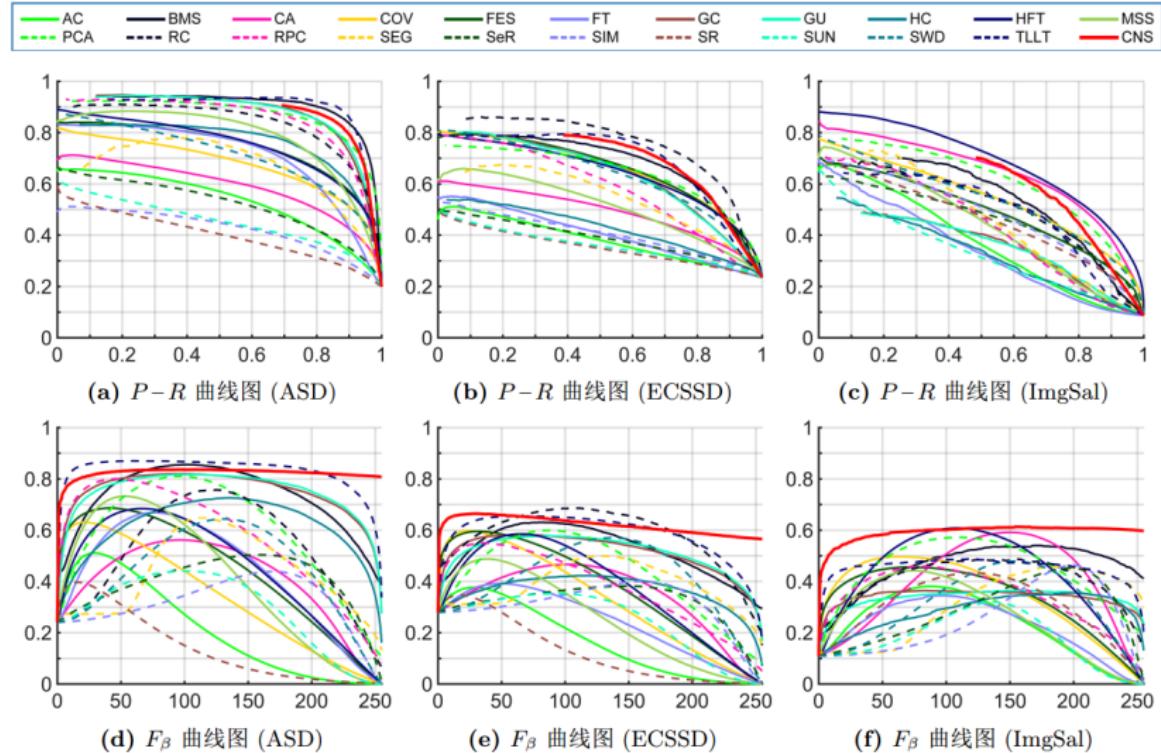
3.5.2 参数分析

- δ : 采样间隔
- ω_c : 闭运算结构半径
- ω_r : 重构元素半径
- ϑ_r : 亮度变换确定自适应阈值
- ϑ_g : 亮度变换映射曲线参数

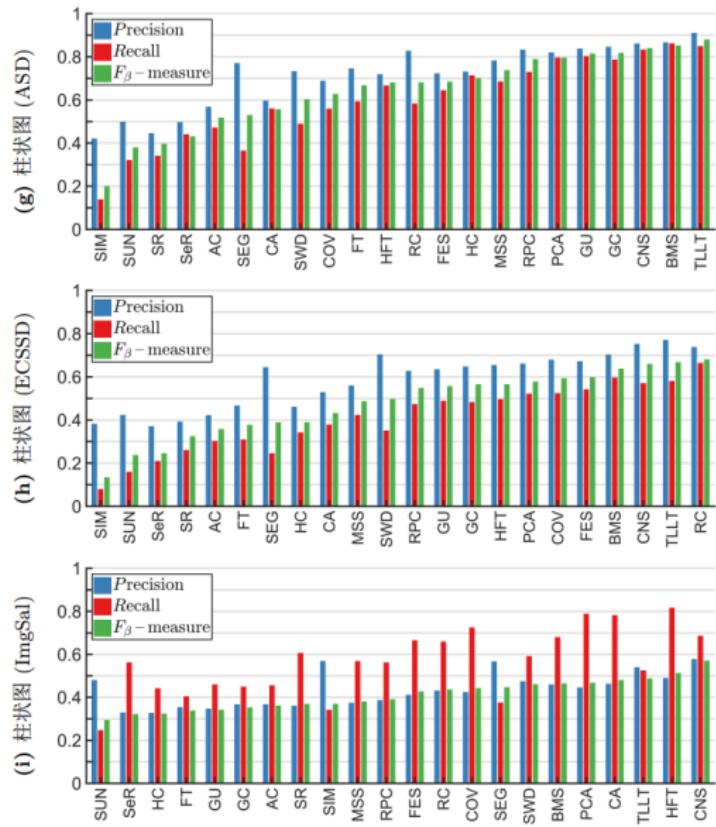
参数名	最优参数值
δ	8
ω_c	14
ω_r	14
ϑ_r	0.02
ϑ_g	1.5



3.5.3 与其它显著性方法的性能比较



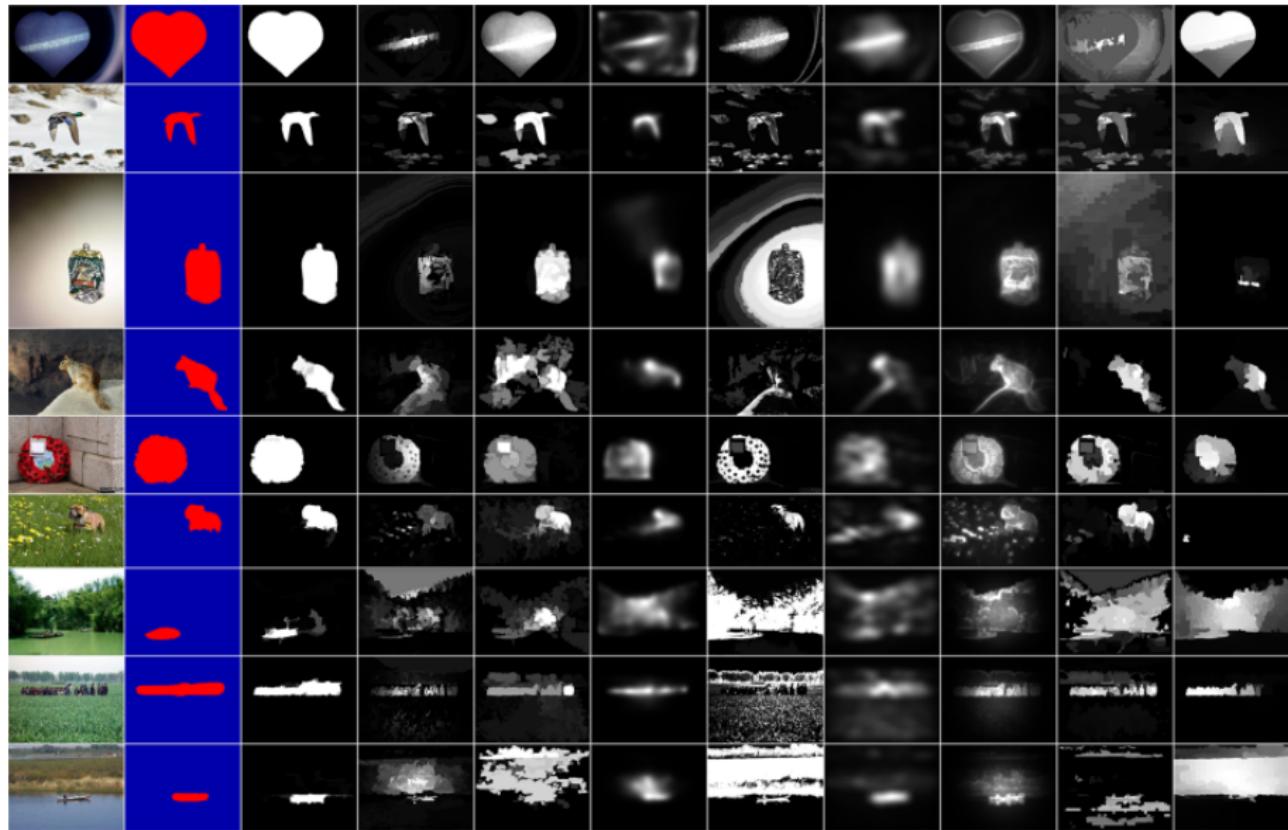
3.5.3 与其它显著性方法的性能比较



3.5.3 与其它显著性方法的性能比较

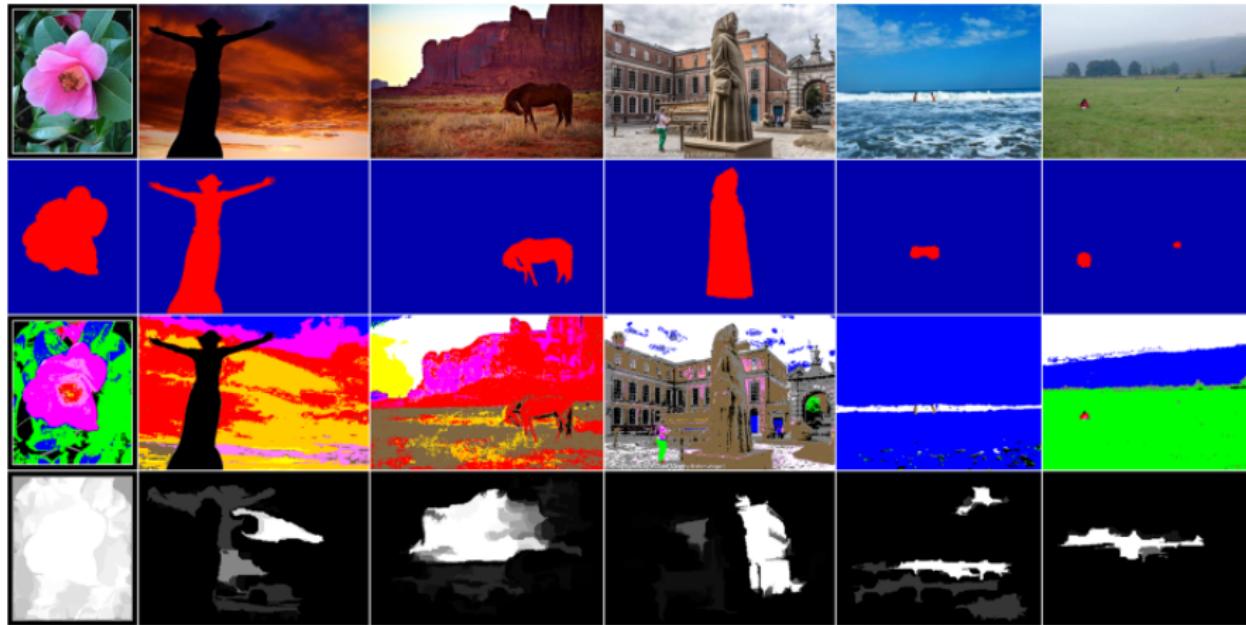
序号	方法	ASD ^[9,32]			ECSSD ^[60,62]			ImgSal ^[45,46]			平均		
		AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF
1	AC ^[108]	.2139	.5107	.5174	.1688	.3766	.3575	.2298	.3807	.3611	.2042	.4227	.4120
2	BMS ^[73]	.7285	.8555	.8515	.5214	.6302	.6370	.4605	.5401	.4646	.5701	.6753	.6510
3	CA ^[68]	.4043	.5615	.5569	.3403	.4661	.4314	.3913	.5910	.4801	.3786	.5395	.4895
4	COV ^[110]	.3413	.6305	.6264	.3347	.5973	.5931	.3485	.4960	.4419	.3415	.5746	.5538
5	FES ^[111]	.4484	.6859	.6840	.3762	.5951	.5976	.3371	.4557	.4268	.3872	.5789	.5695
6	FT ^[32]	.4342	.6681	.6677	.2419	.3915	.3775	.2234	.3451	.3380	.2998	.4682	.4611
7	GC ^[121]	.7474	.8193	.8169	.5118	.5814	.5652	.3381	.3642	.3531	.5324	.5883	.5784
8	GU ^[121]	.7454	.8164	.8141	.5103	.5774	.5558	.3339	.3646	.3419	.5299	.5862	.5706
9	HC ^[29]	.6113	.7255	.7009	.3642	.4224	.3894	.2849	.3561	.3238	.4202	.5013	.4714
10	HFT ^[46]	.4526	.6839	.6806	.3739	.5849	.5652	.4254	.6079	.5129	.4173	.6255	.5862
11	MSS ^[112]	.4116	.7321	.7369	.2543	.4873	.4864	.2656	.4415	.3807	.3105	.5536	.5347
12	PCA ^[69]	.5884	.8101	.7953	.4252	.5987	.5778	.4415	.5718	.4679	.4850	.6602	.6137
13	RC ^[29]	.5192	.7570	.6809	.5766	.6860	.6801	.4048	.4871	.4365	.5002	.6434	.5992
14	SEG ^[113]	.4305	.6485	.5288	.3840	.4990	.3883	.3096	.4569	.4470	.3747	.5348	.4547
15	SeR ^[114]	.3975	.5037	.4300	.3179	.3818	.2452	.2855	.4513	.3216	.3336	.4456	.3323
16	SIM ^[115]	.3162	.4384	.2002	.3080	.3998	.1342	.2497	.4626	.3698	.2913	.4336	.2347
17	SR ^[37]	.1435	.3964	.3964	.1275	.3469	.3246	.3006	.4324	.3687	.1905	.3919	.3632
18	SUN ^[117]	.2916	.4402	.3803	.2442	.3522	.2365	.1764	.3198	.2937	.2374	.3708	.3035
19	SWD ^[119]	.4399	.6434	.6033	.4074	.5700	.4971	.3016	.4787	.4605	.3830	.5640	.5203
20	TLLT ^[59]	.8270	.8699	.8799	.5832	.6543	.6671	.4512	.4878	.4874	.6205	.6707	.6781
21	RPC	.5762	.8002	.7880	.3757	.5499	.5479	.3400	.4598	.3907	.4306	.6033	.5755
22	CNS	.8204	.8361	.8398	.6191	.6645	.6593	.5902	.6127	.5702	.6765	.7044	.6898
平均		.4950	.6742	.6444	.3803	.5188	.4779	.3404	.4620	.4109	.4052	.5517	.5111

3.5.3 与其它显著性方法的性能比较



3.5.4 实验结果讨论

输入图像



3.6 本章小结

小结

- 颜色名空间 + 环绕性线索
- 两个全局的颜色名线索
- 后处理算法

展望

- 图像边框——(第 4 章)
- 显著物体是边界对象——背景线索 (第 4 章)
- 单一尺度——分层结构 (第 4 章)
- 与背景颜色混淆——包含更多的颜色名通道
- 代码优化

提纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

4.1 引言

简介

- 基于分层结构 (**H**ierarchical **S**tructure) 与颜色名 (**C**olor **N**ames) 的协同显著物体检测方法，简记为“HCN”
- Jing Lou, Fenglei Xu, Qingyuan Xia, Wangkou Yang, Mingwu Ren.
Hierarchical Co-salient Object Detection via Color Names. In *Proceedings of the Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR)*, pp. 718–724, 2017.
(**S**potlight)
- 论文主页：<http://www.loujing.com/hcn-co-sod/>

4.2 研究动机与出发点

研究动机

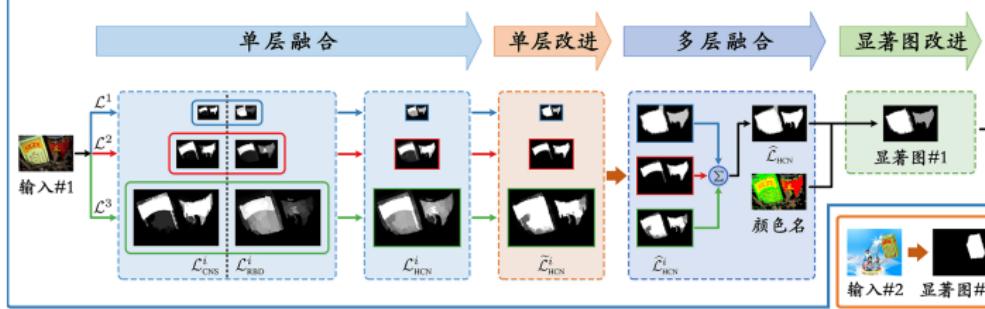
- (1) 第 3 章提出的 CNS 方法
- (2) CVPR'2013, HS 方法, 三层模型
- (3) CVPR'2014, RBD 方法, 背景度量
- (4) CVPR'2011, HC 方法

HCN 方法

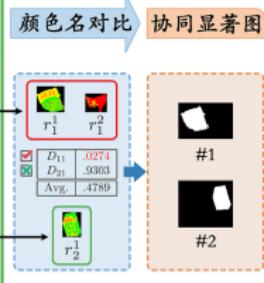
- (1) 在单图显著图的基础上寻找颜色名特征的重复
- (2) 即是显著物体检测方法, 也是协同显著物体检测方法

4.3 方法框架

显著性



协同显著性



4.4.1 基于显著图一致性的单层融合

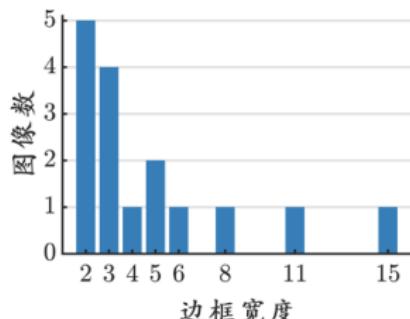


(a)

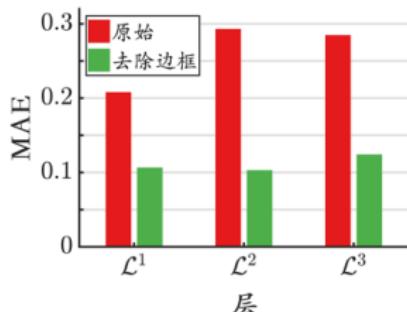
(b)

(c)

(d)



(e)



(f)

图 4.3 图像边框的影响。 (a) 某原始图像的 \mathcal{L}^3 图像层; (b) CNS 方法对图 (a) 检测得到的显著图; (c) 去除图 (a) 中的图像边框, (d) CNS 方法对图 (c) 检测得到的显著图; (e) Image Pair 数据集中带有边框图像的边框宽度分布; (f) MAE: 平均绝对误差 (定义详见第 1.2.4.2 节)

4.4.1 基于显著图一致性的单层融合

$$\mathcal{L}_{\text{HCN}}^i(x, y) = \underbrace{\left(w_f \mathcal{L}_{\text{CNS}}^i(x, y) + (1 - w_f) \mathcal{L}_{\text{RBD}}^i(x, y) \right)}_{\text{加权融合}} \times \underbrace{\left(2e^{-|\mathcal{L}_{\text{CNS}}^i(x, y) - \mathcal{L}_{\text{RBD}}^i(x, y)|} - 2e^{-1} + 1 \right)}_{\text{显著图一致性}} \quad (4.1)$$

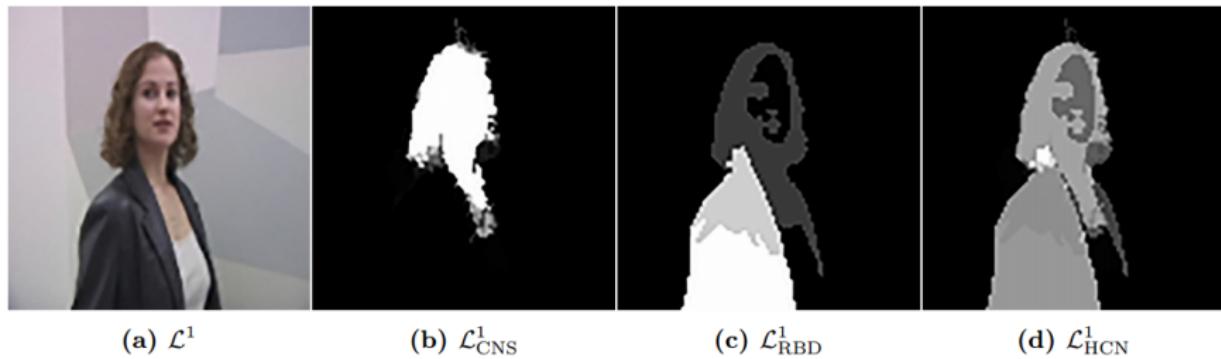


图 4.2 单层融合算法示例。(a) 某原始图像的 \mathcal{L}^1 图像层; (b) CNS 方法的显著图; (c) RBD 方法^[58] 的显著图; (d) 单层融合图

4.4.2 基于稀缺性与一致性的单层融合图改进

$$J^i = \underbrace{\left(W^i \circ (\mathcal{L}_{\text{CNS}}^i)^{\circ 2} \right) \circ \left(W^i \circ (\mathcal{L}_{\text{RBD}}^i)^{\circ 2} \right)}_{\text{显著图一致性}} + (\mathcal{L}_{\text{HCN}}^i)^{\circ 2} \quad (4.2)$$

$$W^i(x, y) = \sum_{j=1}^N f_j \|c_k - c_j\|_2^2 \quad (4.3)$$

如果令

$$C^i = \mathcal{L}_{\text{CNS}}^i \circ \mathcal{L}_{\text{RBD}}^i \quad (4.5)$$

则 J^i 可简化为

$$J^i = (W^i \circ C^i)^{\circ 2} + (\mathcal{L}_{\text{HCN}}^i)^{\circ 2} \quad (4.6)$$

4.4.2 基于稀缺性与一致性的单层融合图改进

算法 4.1 单层融合图改进的后处理算法

输入: C^i 和 J^i

输出: 单层显著图 $\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i$

- 1: $\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i = \text{RECONSTRUCT}(C^i, J^i)$ ▷ 形态学重构
 - 2: $\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i = (\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i)^{\circ 2}$ ▷ 抑制背景
 - 3: $\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i = \text{ADJUST}(\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i, t_a)$ ▷ 突出前景
 - 4: $\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i = \text{FILL}(\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i)$ ▷ 孔洞填充
-

4.4.2 基于稀缺性与一致性的单层融合图改进

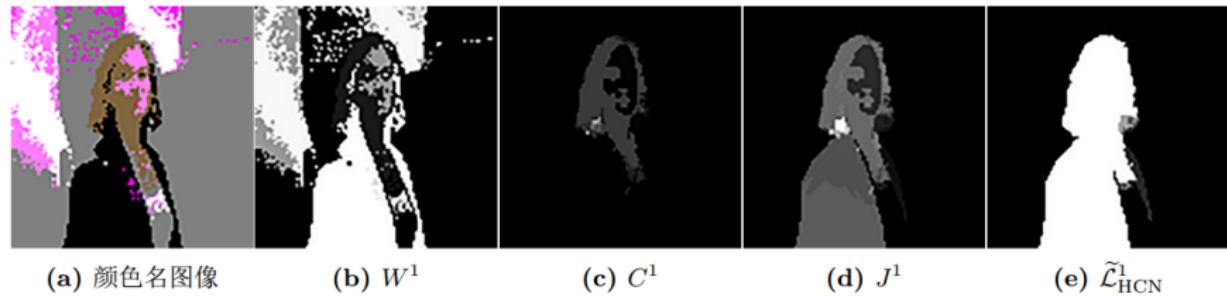


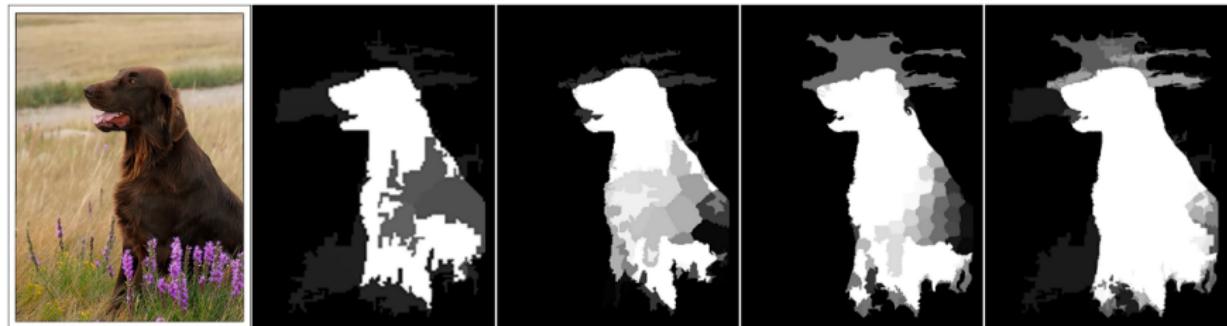
图 4.4 单层融合图改进。(a) 图 4.2(a) 的颜色名图像; (b) 利用图 (a) 得到的权重矩阵; (c) 式 (4.5) 的输出结果; (d) 式 (4.6) 的输出结果; (e) 单层显著图

4.4.3 基于显著图一致性的多层融合

$$\bar{\mathcal{L}}_{\text{HCN}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i \quad (4.7)$$

$$d_i = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N |\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i(x, y) - \bar{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}(x, y)| \quad (4.8)$$

$$\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}} = \sum_{i=1}^3 \exp \left(-\frac{d_i}{2 \sum_{i=1}^3 d_i} \right) \hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i \quad (4.9)$$



(a) 原始图像

(b) $\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^1$ (c) $\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^2$ (d) $\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^3$ (e) $\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}$

4.4.4 基于稀缺性与一致性的多层融合图改进

$$\hat{C} = \hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^1 \circ \hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^2 \circ \hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^3 \quad (4.10)$$

$$\hat{J} = (\hat{W} \circ \hat{C})^{\circ 3} + (\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}})^{\circ 3} \quad (4.11)$$

$$S_s = (\text{RECONSTRUCT}(\hat{C}, \hat{J}))^{\circ 3} \quad (4.12)$$

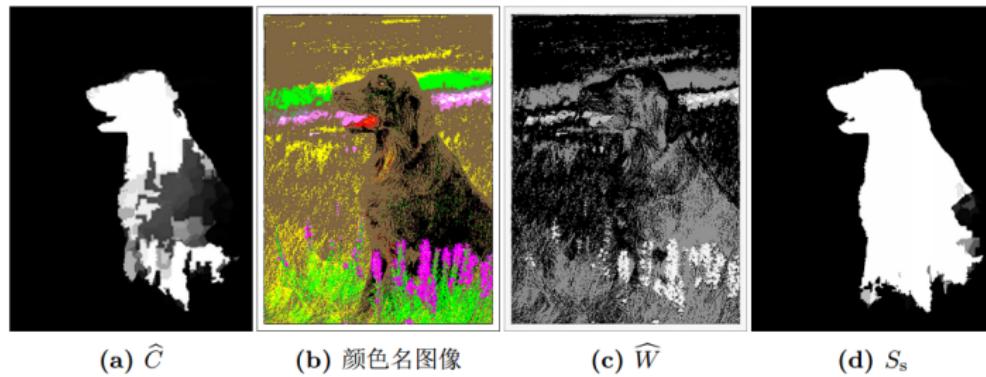


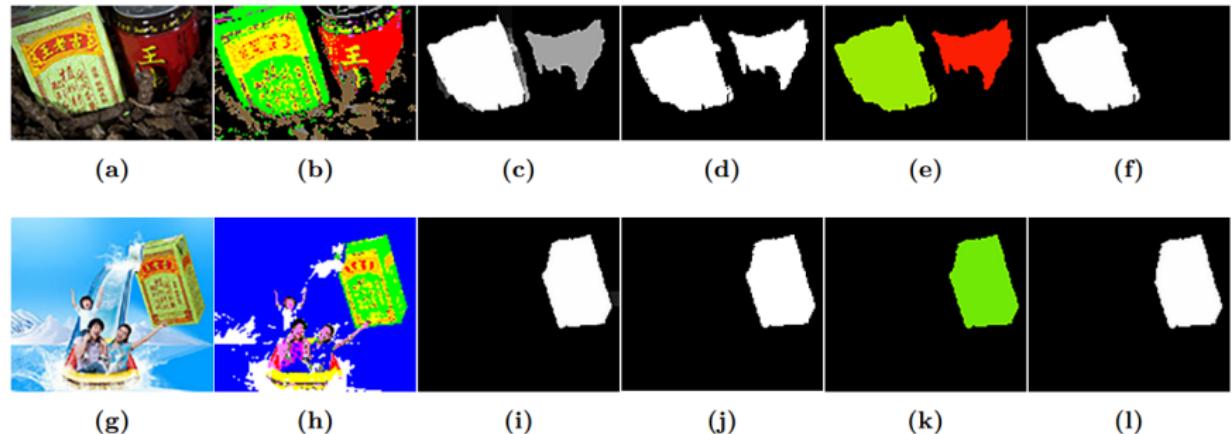
图 4.6 多层融合图改进。(a) 式(4.10)的输出结果; (b) 图4.5(a)的颜色名图像; (c) 利用图(b)得到的权重矩阵; (d) 图4.5(a)的显著图

4.4.5 基于颜色名一致性的协同显著物体检测

$$\text{Co-saliency} = \text{Saliency} \times \text{Repeatedness} \quad (4.13)$$

$$A(r) = \sum_{j=1}^N f_j c_j \quad (4.14)$$

$$D(r_1^i, r_2^j) = \left\| A(r_1^i) - A(r_2^j) \right\|_2^2 \quad (4.15)$$



4.5.1 数据集简介

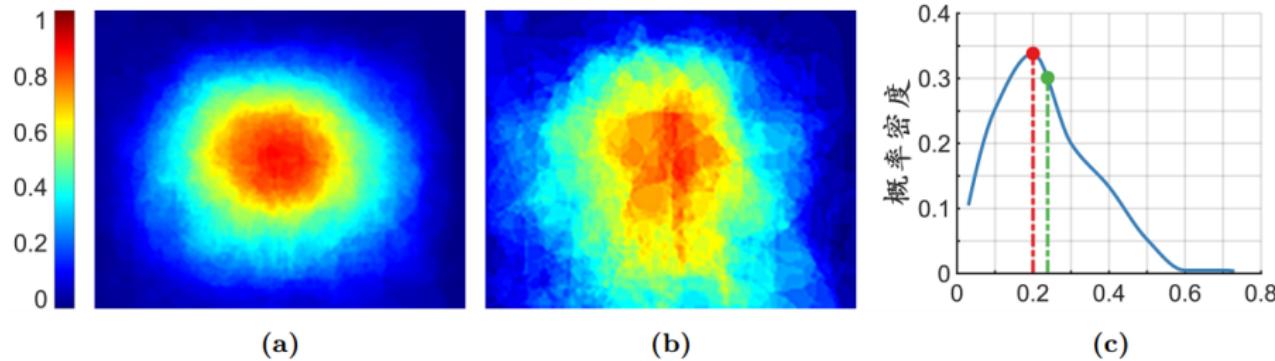


图 4.8 Image Pair 数据集特性统计。(a) 数据集的平均标注图 (归一化到 $[0, 1]$); (b) 与图像边框连接的显著区域的平均标注图 (归一化到 $[0, 1]$); (c) 显著区域大小的概率密度曲线: x 轴表示显著区域占所在图像面积大小的比例

4.5.2 参数分析

- δ : 采样间隔
- ω_c : 闭运算结构半径
- ω_r : 重构元素半径
- ϑ_r : 亮度变换确定自适应阈值
- ϑ_g : 亮度变换映射曲线参数
- w_f : 单层融合权重

(a) 层间共享参数

参数名	最优参数值
δ	32
ϑ_r	0.04
ϑ_g	1.9
w_f	0.4

(b) 层内参数

参数名	最优参数值		
	\mathcal{L}^1	\mathcal{L}^2	\mathcal{L}^3
ω_c	3	6	12
ω_r	5	9	17

4.5.2 参数分析

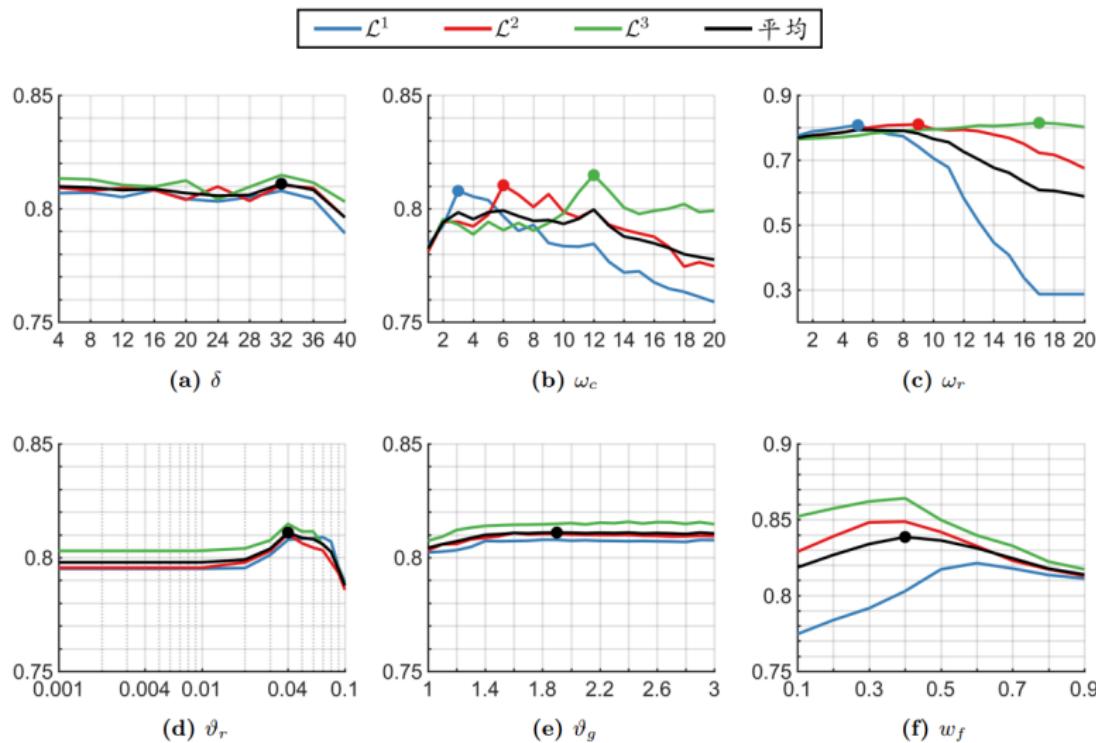


图 4.9 HCN 方法的参数分析: x 轴表示参数取值范围, y 轴表示 MaxF 的值

4.5.3 融合算法的性能评估

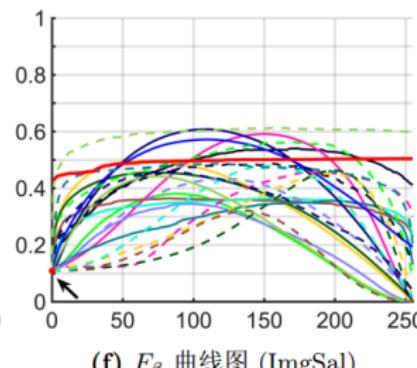
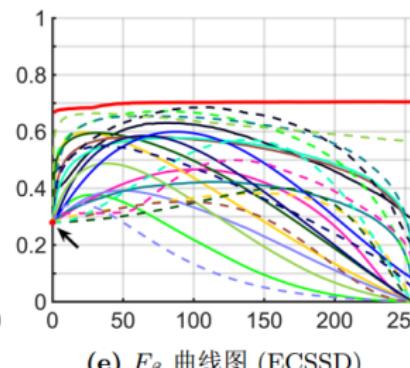
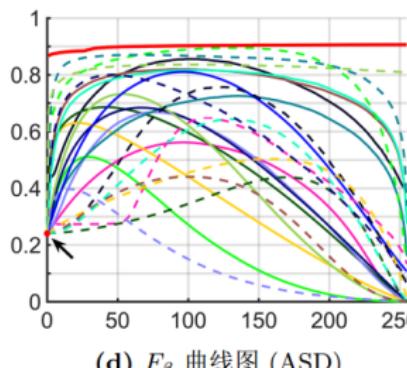
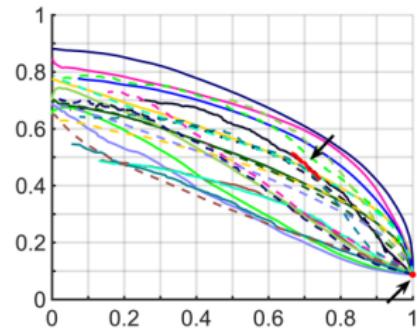
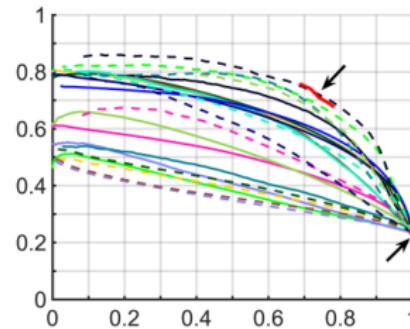
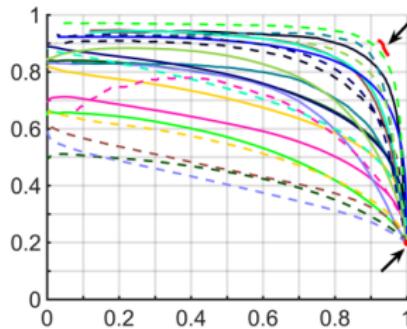
表 4.3 单层融合算法的性能比较

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	平均
$\mathcal{L}_{\text{CNS}}^i$.8078	.8103	.8148	.8110
$\mathcal{L}_{\text{RBD}}^i$.7597	.8288	.8526	.8137
$\mathcal{L}_{\text{HCN}}^i$.8029	.8487	.8641	.8386
$\tilde{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^i$.8148	.8510	.8657	.8438

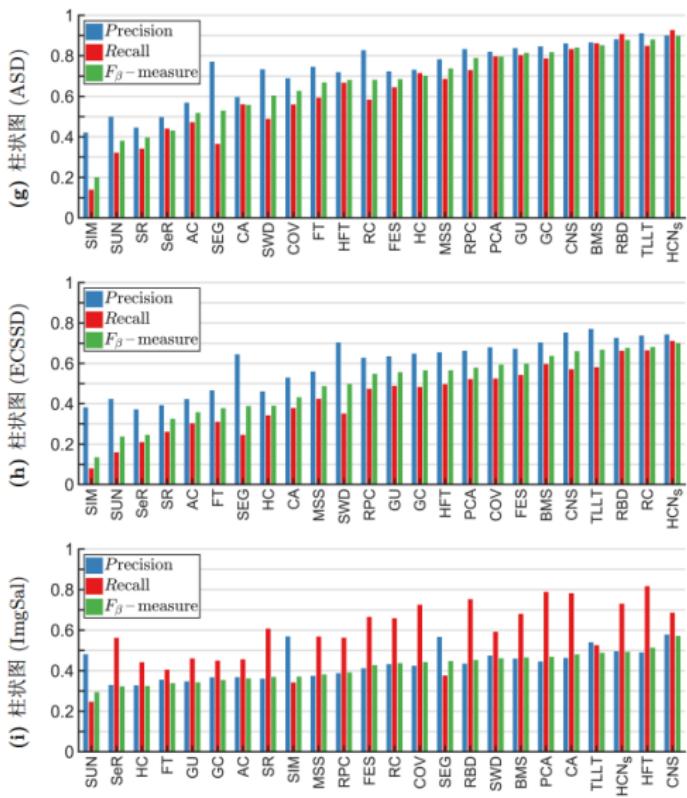
表 4.4 多层融合算法的性能比较

	AvgF	MaxF	AdpF	平均
$\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^1$.7995	.8148	.8027	.8056
$\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^2$.8391	.8510	.8435	.8445
$\hat{\mathcal{L}}_{\text{HCN}}^3$.8568	.8657	.8591	.8605
S_s	.8587	.8663	.8611	.8621

4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较



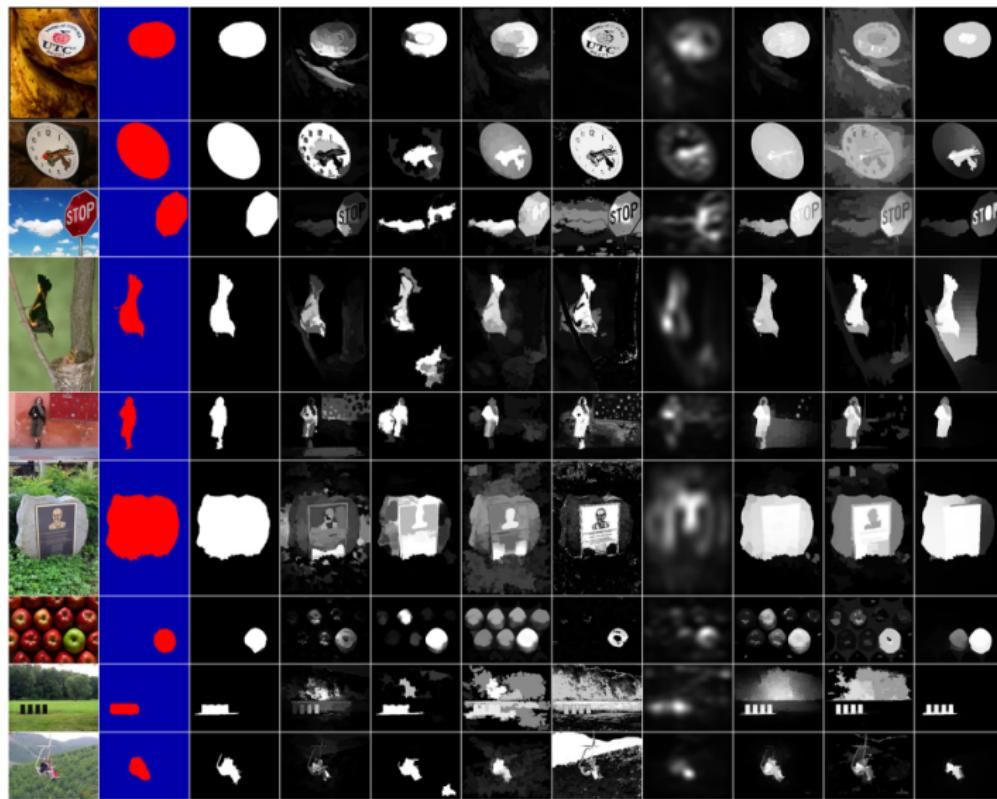
4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较



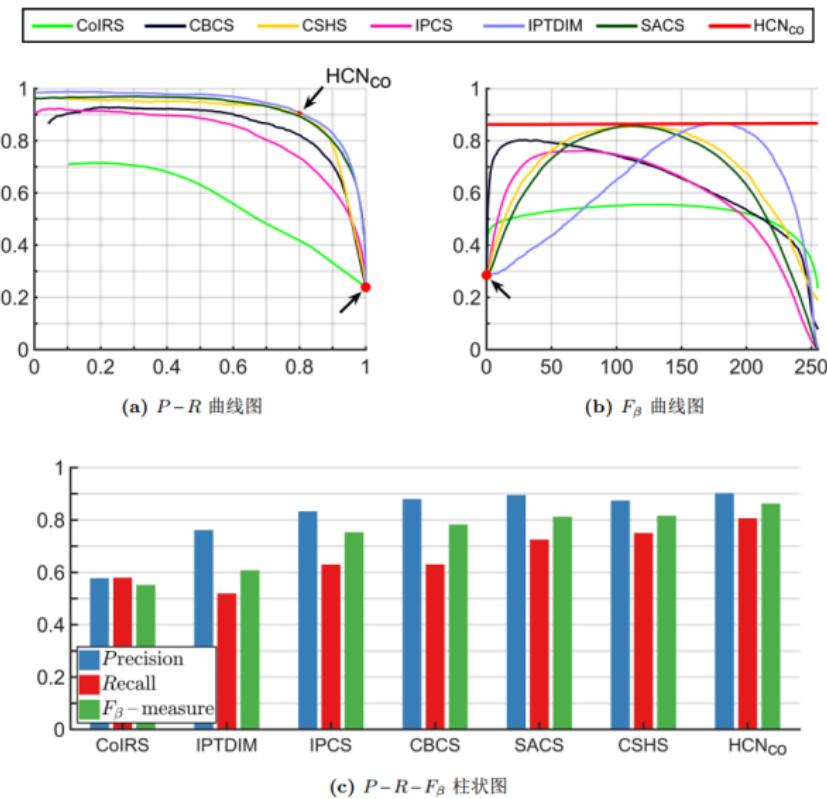
4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较

序号	方法	ASD ^[9,32]			ECSSD ^[60,62]			ImgSal ^[45,46]			平均		
		AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF
1	AC ^[108]	.2139	.5107	.5174	.1688	.3766	.3575	.2298	.3807	.3611	.2042	.4227	.4120
2	BMS ^[73]	.7285	.8555	.8515	.5214	.6302	.6370	.4605	.5401	.4646	.5701	.6753	.6510
3	CA ^[68]	.4043	.5615	.5569	.3403	.4661	.4314	.3913	.5910	.4801	.3786	.5395	.4895
4	COV ^[110]	.3413	.6305	.6264	.3347	.5973	.5931	.3485	.4960	.4419	.3415	.5746	.5538
5	FES ^[111]	.4484	.6859	.6840	.3762	.5951	.5976	.3371	.4557	.4268	.3872	.5789	.5695
6	FT ^[32]	.4342	.6681	.6677	.2419	.3915	.3775	.2234	.3451	.3380	.2998	.4682	.4611
7	GC ^[121]	.7474	.8193	.8169	.5118	.5814	.5652	.3381	.3642	.3531	.5324	.5883	.5784
8	GU ^[121]	.7454	.8164	.8141	.5103	.5774	.5558	.3339	.3646	.3419	.5299	.5862	.5706
9	HC ^[29]	.6113	.7255	.7009	.3642	.4224	.3894	.2849	.3561	.3238	.4202	.5013	.4714
10	HFT ^[46]	.4526	.6839	.6806	.3739	.5849	.5652	.4254	.6079	.5129	.4173	.6255	.5862
11	MSS ^[112]	.4116	.7321	.7369	.2543	.4873	.4864	.2656	.4415	.3807	.3105	.5536	.5347
12	PCA ^[60]	.5884	.8101	.7953	.4252	.5987	.5778	.4415	.5718	.4679	.4850	.6602	.6137
13	RBD ^[58]	.8070	.8951	.8779	.5615	.6716	.6762	.4659	.5629	.4517	.6115	.7099	.6686
14	RC ^[29]	.5192	.7570	.6809	.5766	.6860	.6801	.4048	.4871	.4365	.5002	.6434	.5992
15	SEG ^[113]	.4305	.6485	.5288	.3840	.4990	.3883	.3096	.4569	.4470	.3747	.5348	.4547
16	SeR ^[114]	.3975	.5037	.4300	.3179	.3818	.2452	.2855	.4513	.3216	.3336	.4456	.3323
17	SIM ^[115]	.3162	.4384	.2002	.3080	.3998	.1342	.2497	.4626	.3698	.2913	.4336	.2347
18	SR ^[37]	.1435	.3964	.3964	.1275	.3469	.3246	.3006	.4324	.3687	.1905	.3919	.3632
19	SUN ^[117]	.2916	.4402	.3803	.2442	.3522	.2365	.1764	.3198	.2937	.2374	.3708	.3035
20	SWD ^[119]	.4399	.6434	.6033	.4074	.5700	.4971	.3016	.4787	.4605	.3830	.5640	.5203
21	TLLT ^[59]	.8270	.8699	.8799	.5832	.6543	.6671	.4512	.4878	.4874	.6205	.6707	.6781
22	RPC	.5762	.8002	.7880	.3757	.5499	.5479	.3400	.4598	.3907	.4306	.6033	.5755
23	CNS	.8204	.8361	.8398	.6191	.6645	.6593	.5902	.6127	.5702	.6765	.7044	.6898
24	HCNs	.8977	.9062	.8981	.6983	.7049	.6999	.4907	.5040	.4925	.6956	.7050	.6968
平均		.5247	.6931	.6647	.4011	.5329	.4954	.3519	.4679	.4160	.4259	.5647	.5254

4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较



4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较

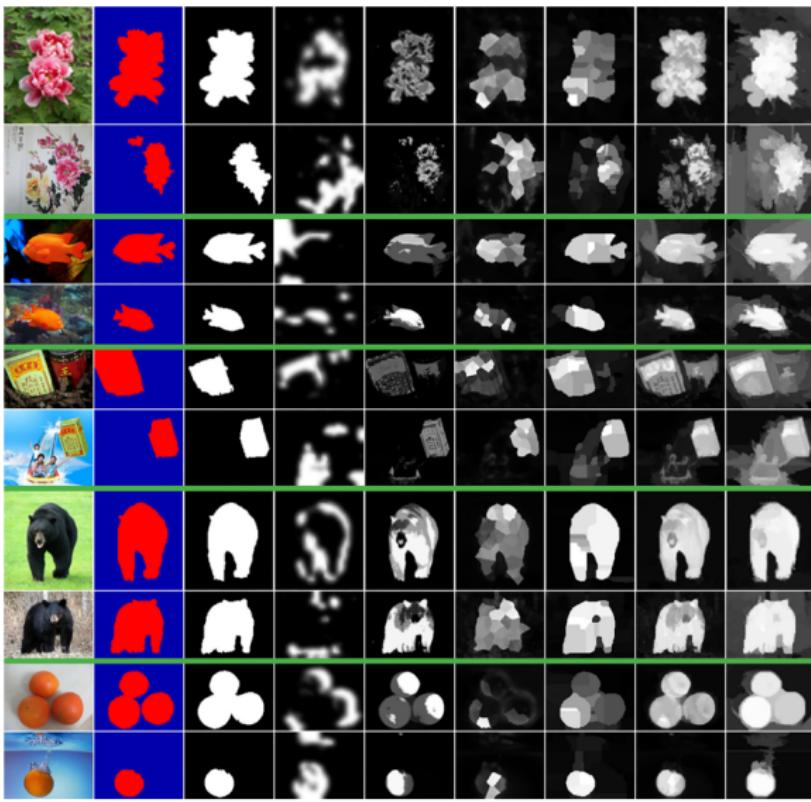


4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较

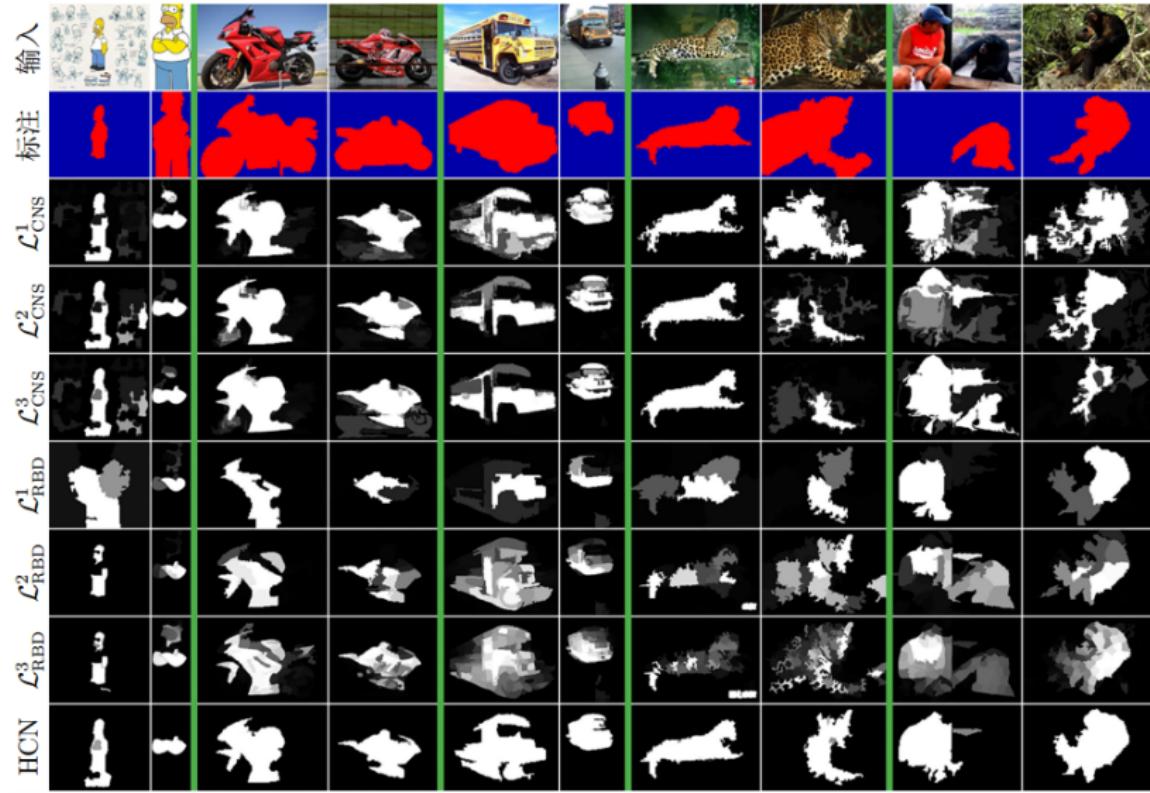
表 4.6 与 6 个协同显著性方法的性能比较

序号	方法	AvgF	MaxF	AdpF	平均
1	CoIRS ^[75]	.5150	.5548	.5512	.5403
2	CBCS ^[74]	.6433	.8028	.7816	.7425
3	CSHS ^[77]	.6894	.8559	.8157	.7870
4	IPCS ^[34]	.5855	.7612	.7526	.6998
5	IPTDIM ^[19]	.6161	.8671	.6070	.6968
6	SACS ^[76]	.6499	.8571	.8114	.7728
7	HCN _{co}	.8620	.8665	.8625	.8637
平均		.6516	.7951	.7403	.7290

4.5.4 与其它显著性/协同显著性方法的性能比较



4.5.5 实验结果讨论



4.6 本章小结

小结

- 基于显著一致性的单层融合
- 基于颜色名稀缺性和显著一致性的改进
- 基于颜色名一致性的协同

展望

- 大物体/重度边界对象——似物性
- 显著区域分割——边缘检测
- 更复杂的颜色模式——超像素
- 扩展到两幅以上图像

提 纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

5.1 引言

简介

- 融合区域稳定性 (Regional Stability) 和区域显著性 (Regional Saliency) 的单帧彩色图像小目标检测方法，简记为“RSS”
- Jing Lou, Wei Zhu, Huan Wang, Mingwu Ren. Small Target Detection Combining Regional Stability and Saliency in a Color Image. *Multimedia Tools and Applications*, vol. 76, no. 13, pp. 14781–14798, 2017.
- 论文主页：<http://www.loujing.com/rss-small-target/>

5.2 研究动机与出发点

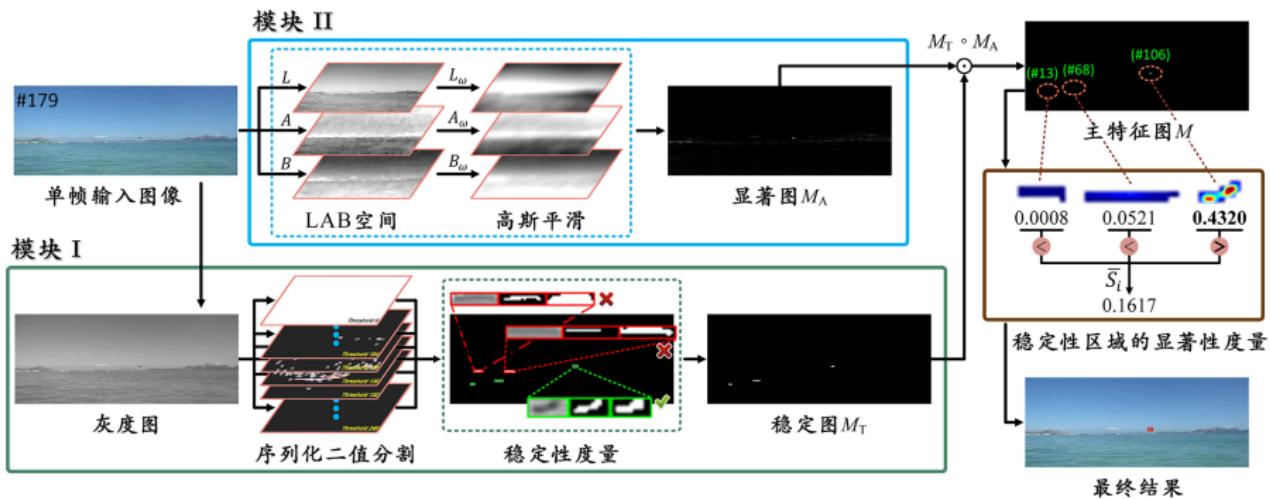
小目标特征

- (1) 目标本身是连通的前景图形
- (2) 类斑点的形状
- (3) 较小的熵
- (4) 目标内部近似均匀的强度
- (5) 与其局部邻域之间的差异

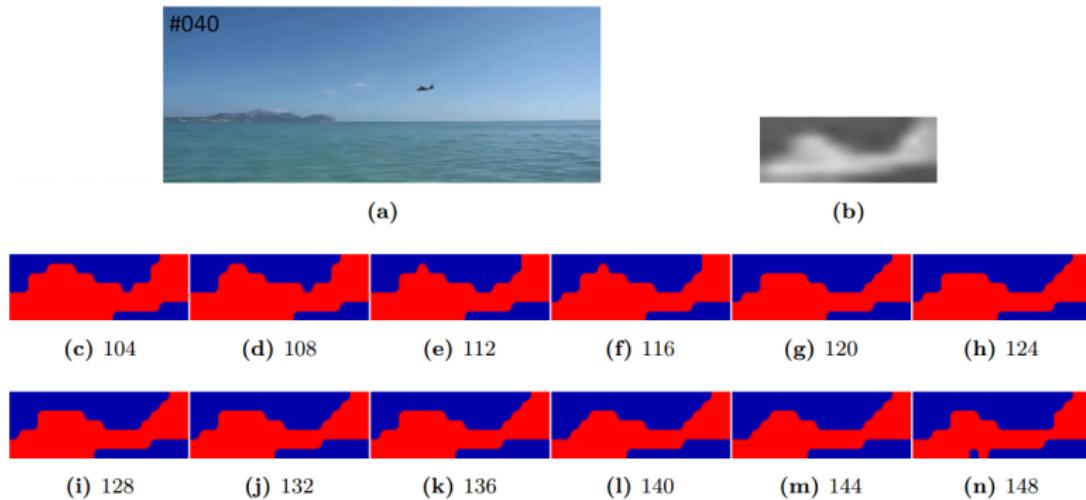
RSS 方法

- (1) 具有环绕性的前景区域 (针对特征 1)
- (2) 区域是局部稳定的 (针对特征 2-4)
- (3) 局部显著的 (针对特征 5)

5.3 方法框架



5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取



5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取

表 5.1 5 种区域描述子的符号表示与定义

- **二值图像 I :** 是一个二值映射, 即 $I : Q \subset \mathbb{Z}^2 \rightarrow \{0, 1\}$ 。
- **区域 $r \subset Q$:** 是一个闭合的连通区域, 即 $\forall (x, y) \in r : I(x, y) = 1$, 且区域 r 的欧拉数等于 1; r 的面积 (即该区域内所包含的像素数) 用符号 $|r|$ 表示, 计算公式为 $|r| = \sum_r I(x, y)$ 。
- **质心 c :** 是区域 r 的几何中心, 使用 1×2 的向量 $[c_x, c_y]$ 来表示。其中, $c_x = (\sum_r xI(x, y)) / |r|$, $c_y = (\sum_r yI(x, y)) / |r|$ 。
- **最小外接矩形 b :** 是包含区域 r 的最小外接矩形, 使用 1×4 的向量 $[b_x, b_y, b_w, b_h]$ 来表示。其中, $[b_x, b_y]$ 表示该矩形左上角顶点的 (x, y) 坐标, b_w 和 b_h 分别表示矩形的宽度和高度。
- **填充率 f :** 用于表示区域 r 在其最小外接矩形 b 内的填充程度, 计算公式为 $f = |r| / (b_w \times b_h)$ 。
- **宽高比 a :** 是区域 r 的最小外接矩形的宽度与高度的比值, 计算公式为 $a = b_w / b_h$ 。

5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取

(1) 面积变化 D_r

$$D_r(u, v) = \frac{||u| - |v||}{\max(|u|, |v|)} \quad (5.1)$$

(2) 质心距离平方 D_c

$$D_c(u, v) = \|c_u - c_v\|_2^2 \quad (5.2)$$

(3) 填充率差异 D_f

$$D_f(u, v) = \frac{\max(f_u, f_v)}{\min(f_u, f_v)} \quad (5.3)$$

(4) 宽高比差异 D_a

$$D_a(u, v) = \frac{\max(a_u, a_v)}{\min(a_u, a_v)} \quad (5.4)$$

5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取

算法 5.1 表象聚簇

输入: 二值区域集合 R

输出: 簇集合 S

```
1:  $s_1 = \{r_1\}$ ,  $S = \{s_1\}$                                 ▷ 初始化
2: for each  $r_j \in R$  do                                ▷ 对于  $R$  中任一区域  $r_j$ 
3:   if  $\forall s_{exist} \in S, \exists r_i \in s_{exist} : D_c(r_i, r_j) \leq \Delta_c$  then
4:      $s_{exist} = s_{exist} \cup \{r_j\}$                       ▷ 将  $r_j$  加入现有簇  $s_{exist}$ 
5:   else
6:      $s_{new} = \{r_j\}$                                 ▷ 将  $r_j$  加入新簇  $s_{new}$ 
7:      $S = S \cup \{s_{new}\}$                           ▷ 将  $s_{new}$  加入簇集合  $S$ 
8:   end if
9: end for
```

5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取



图 5.3 序列化采样分割得到的部分布尔图



图 5.4 目标与表象间的隶属关系示意

5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取

算法 5.2 稳定性区域抽取

输入: 灰度图 G , 簇集合 S

输出: 稳定性区域集合 R_T

```

1:  $R_T = \emptyset$                                 ▷ 初始化
2: for each  $s_k \in S$  do                  ▷ 对于集合  $S$  中的每一个簇  $s_k$ 
3:    $r = \arg \max_{r \in \{r_i, r_j, r_m, r_n\}} |r|$ 
   其中  $\begin{cases} (r_i, r_j) = \arg \min_{r_i, r_j \in s_k} D_f(r_i, r_j) \\ (r_m, r_n) = \arg \min_{r_m, r_n \in s_k} D_a(r_m, r_n) \end{cases}$ 
4:    $G_r = \text{EXTRACT}(G, r)$                 ▷ 利用  $r$  从  $G$  中抽取子图  $G_r$ 
5:    $\vartheta = \text{OTSU}(G_r)$                   ▷ 计算 Otsu 阈值
6:    $r^\vartheta = \text{SEGMENT}(G_r, \vartheta)$     ▷ 利用  $\vartheta$  得到候选稳定性区域
7:    $r^{\vartheta_-} = \text{SEGMENT}(G_r, \vartheta_-)$   ▷  $\vartheta_- = \vartheta - \delta/2$ 
8:    $r^{\vartheta_+} = \text{SEGMENT}(G_r, \vartheta_+)$   ▷  $\vartheta_+ = \vartheta + \delta/2$ 
9:   if  $D_r(r^{\vartheta_-}, r^{\vartheta_+}) \leq \Phi_r$  then
10:     $R_T = R_T \cup \{r^\vartheta\}$                  ▷ 将区域  $r^\vartheta$  加入集合  $R_T$ 
11:   end if
12: end for

```

5.4.1 基于区域稳定性的候选小目标提取

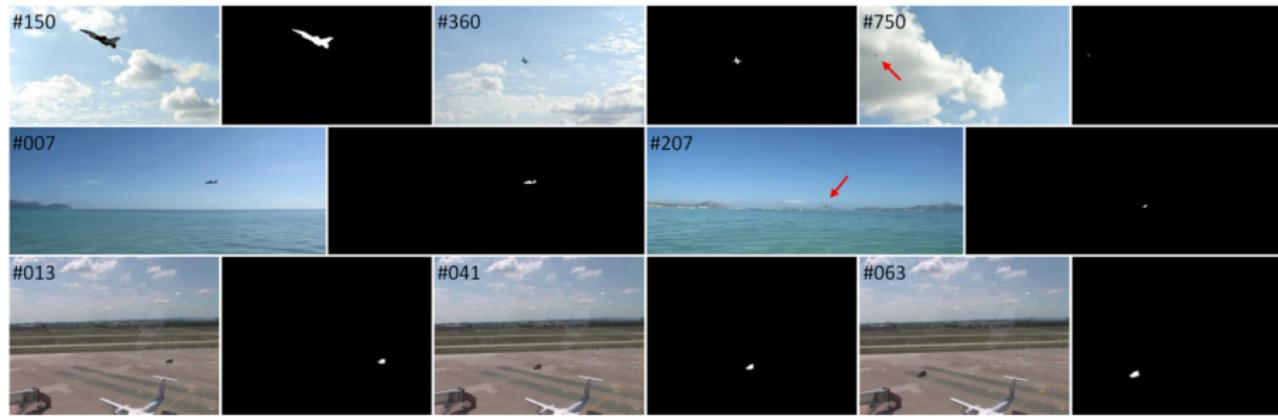


图 5.5 RS_T 算法的检测结果

5.4.2 仅基于区域稳定性检测小目标的缺点

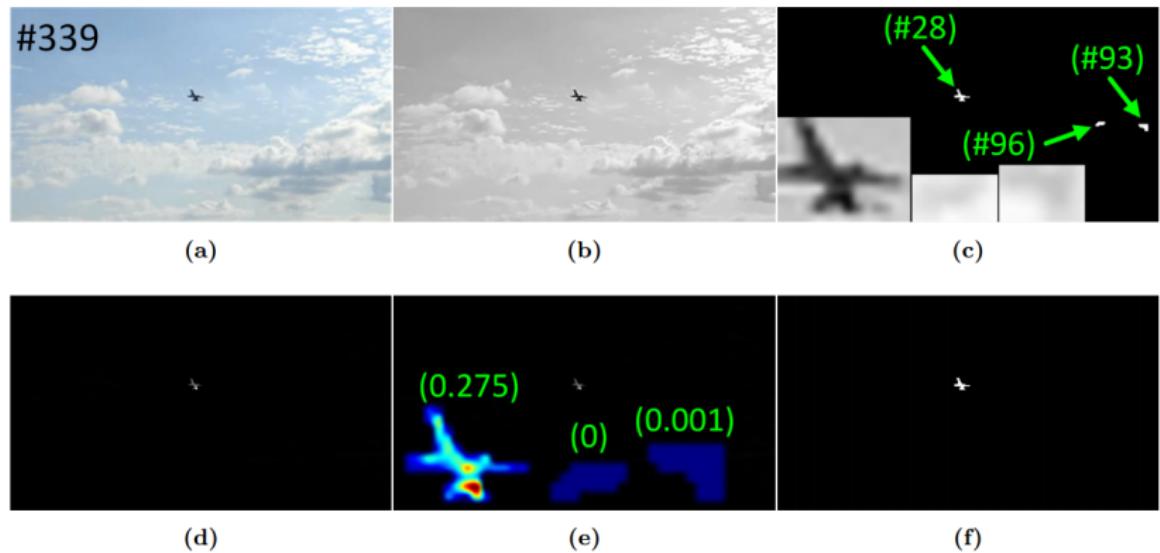


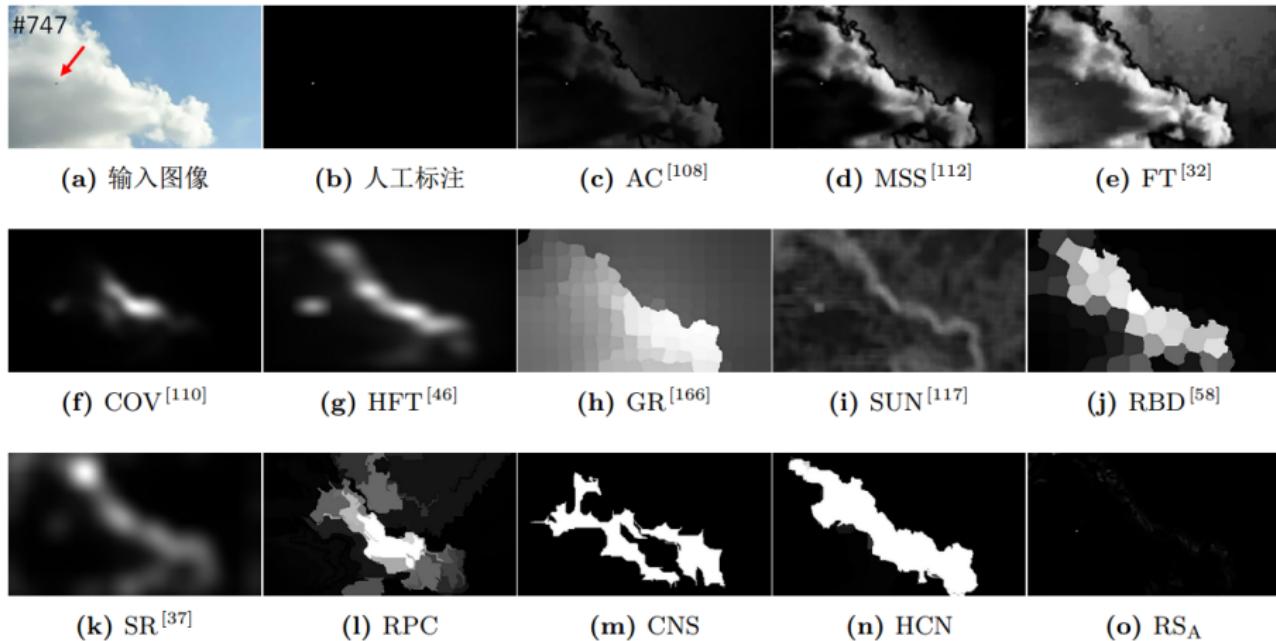
图 5.6 RS_T 算法的缺点。 (a) 数据集 #1 的第 #339 帧图像; (b) 图 (a) 的灰度图; (c) RS_T 算法得到的稳定图 M_T ; (d) 第 5.4.3 节提出的 RS_A 算法得到的显著图 M_A ; (e) 主特征图 M ; (f) RSS 方法得到的检测结果

5.4.3 基于区域显著性的虚警目标去除

$$M_A(x, y) = \|I(x, y) - I_\omega(x, y)\|_2^2 \quad (5.10)$$

$$M_A(x, y) = (L(x, y) - L_\omega(x, y))^2 + (A(x, y) - A_\omega(x, y))^2 + (B(x, y) - B_\omega(x, y))^2 \quad (5.11)$$

5.4.3 基于区域显著性的虚警目标去除



5.4.4 仅基于区域显著性检测小目标的缺点

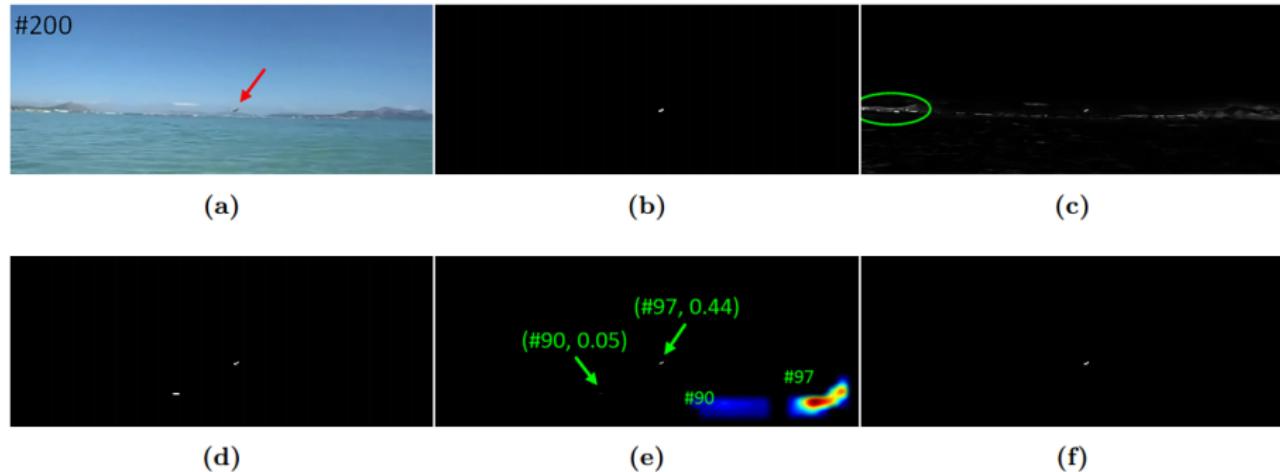


图 5.9 RS_A 算法的缺点。(a) 数据集 #2 的第 #200 帧图像; (b) 图 (a) 的人工标注结果; (c) RS_A 算法得到的显著图 M_A ; (d) 第 5.4.1 节提出的 RS_T 算法得到的稳定图 M_T ; (e) 主特征图 M ; (f) RSS 方法得到的检测结果

5.5.1 数据库简介

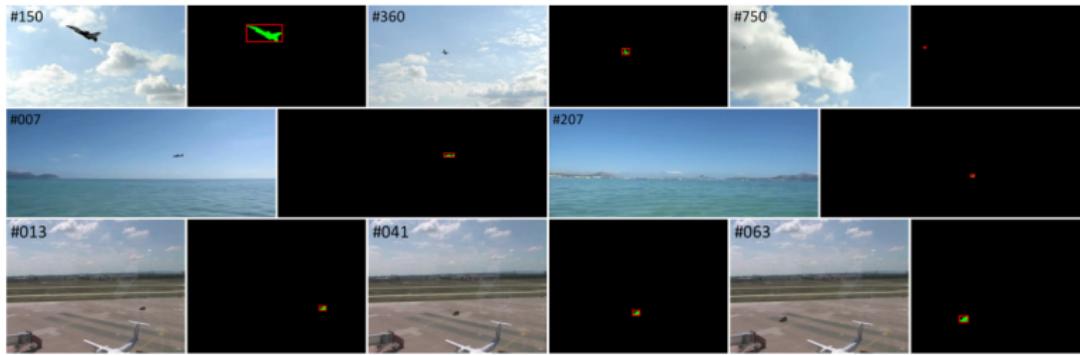


图 5.10 数据集部分原始图像与人工标注示例

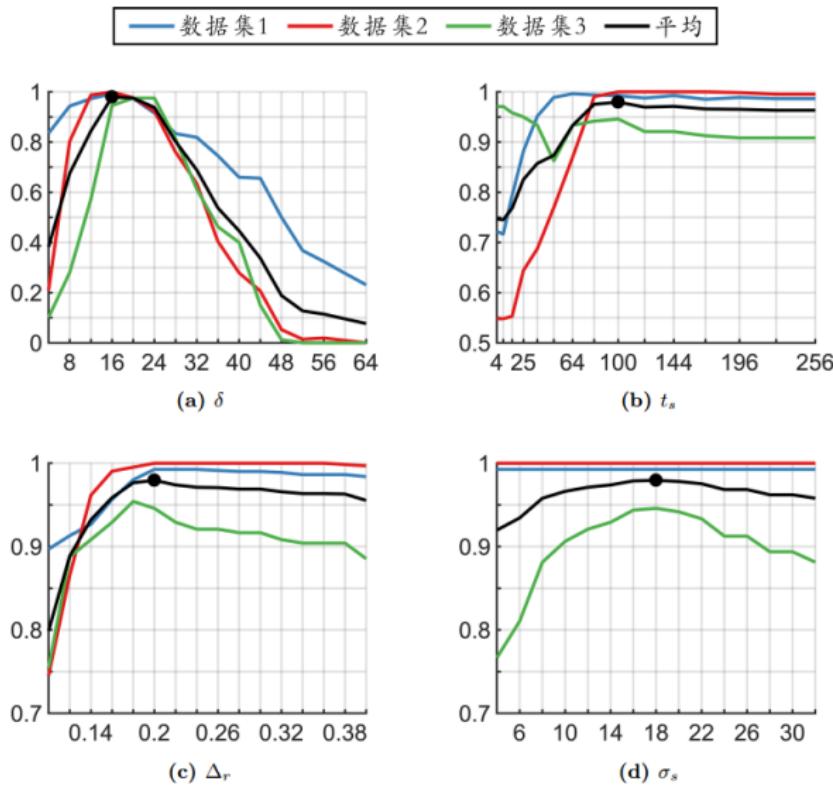
序号	场景	图像数	图像大小	备注 (单帧图像中包含的小目标个数)
#1	天空	805	320×180	#001–#752: 单个目标 #753–#805: 无目标
#2	海天	208	512×205	单个目标
#3 [†]	地面	80	288×216	单个目标

5.5.2 参数分析

- δ : 采样间隔
- t_s : 小目标的临界面积大小
- Δ_r : 面积变化的最大比例
- σ_s : 控制高斯低通滤波器大小的参数

参数名	最优参数值
δ	16
t_s	100
Δ_r	0.2
σ_s	18

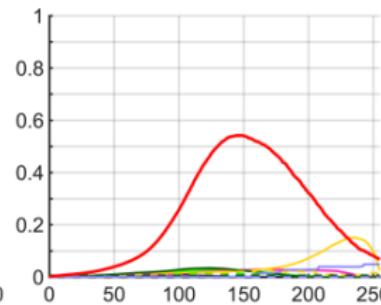
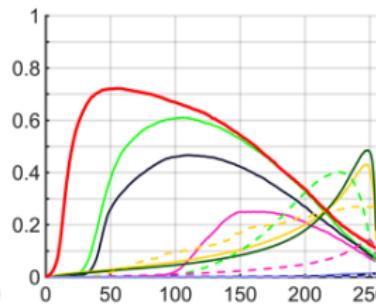
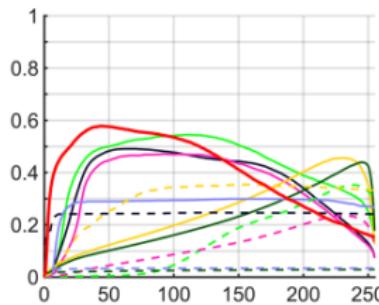
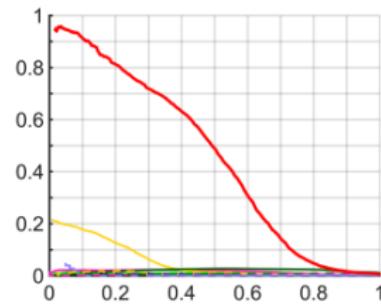
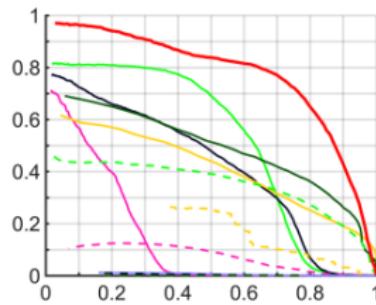
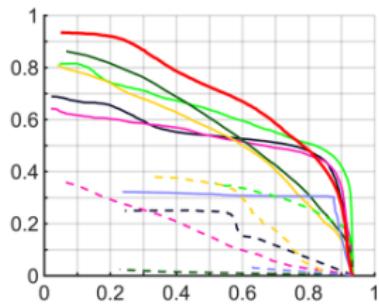
5.5.2 参数分析



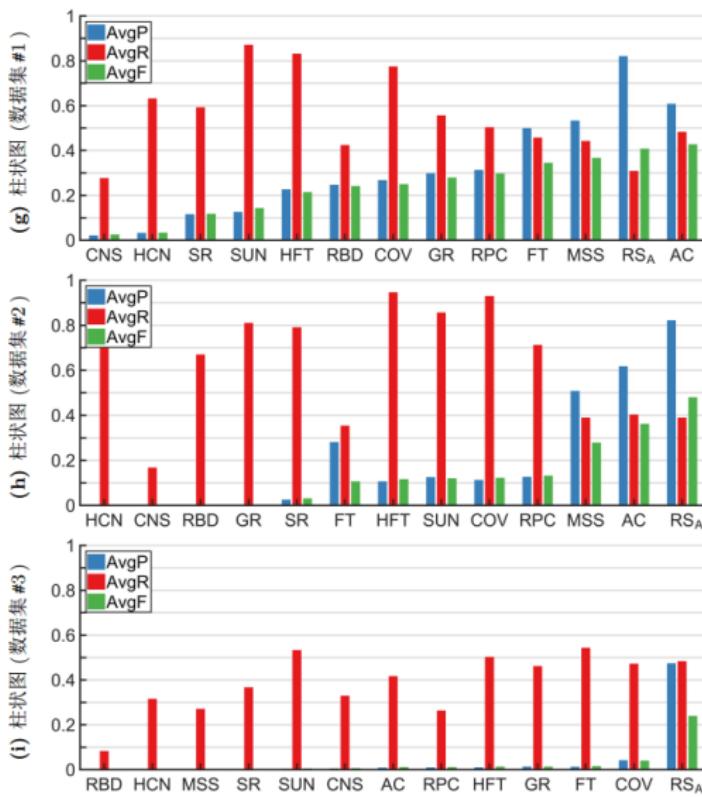
5.5.3 与其它方法的性能比较

方法	数据集 #1			数据集 #2			数据集 #3			平均		
	P	R	F1	P	R	F1	P	R	F1	P	R	F1
MSER ^[163,164]	.9525	.9801	.9616	.9543	.9712	.9599	.9938	1.	.9958	.9669	.9838	.9724
RS _T	.8985	.9925	.9239	.9060	1.	.9346	.5094	1.	.6446	.7713	.9975	.8344

5.5.3 与其它方法的性能比较



5.5.3 与其它方法的性能比较



5.5.3 与其它方法的性能比较

序号	方法	数据集 #1			数据集 #2			数据集 #3			平均		
		AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF	AvgF	MaxF	AdpF
1	AC ^[108]	.4269	.5446	.0313	.3618	.6100	.0087	.0112	.0282	.0078	.2666	.3943	.0160
2	MSS ^[112]	.3668	.4907	.0285	.2779	.4665	.0026	.0033	.0090	.0060	.2160	.3221	.0124
3	FT ^[32]	.3450	.4711	.0249	.1059	.2498	.0029	.0147	.0297	.0096	.1552	.2502	.0125
4	COV ^[110]	.2493	.4560	.0390	.1220	.4302	.0071	.0399	.1513	.0066	.1371	.3459	.0175
5	HFT ^[46]	.2138	.4390	.0481	.1161	.4857	.0072	.0128	.0344	.0120	.1142	.3197	.0224
6	GR ^[166]	.2790	.2989	.3054	.0030	.0148	.0062	.0133	.0491	.0009	.0984	.1209	.1042
7	SUN ^[117]	.1428	.3526	.1516	.1198	.4026	.0131	.0052	.0138	.0137	.0892	.2563	.0595
8	RBD ^[58]	.2411	.2466	.1673	.0029	.0134	.0020	.0003	.0023	.0001	.0814	.0874	.0565
9	SR ^[37]	.1171	.2353	.0315	.0308	.1413	.0042	.0033	.0102	.0086	.0504	.1289	.0148
10	RPC	.2972	.3540	.0299	.1314	.2730	.0030	.0113	.0278	.0053	.1466	.2183	.0128
11	CNS	.0250	.0289	.0201	.0006	.0006	.0006	.0064	.0072	.0065	.0107	.0122	.0091
12	HCN	.0332	.0340	.0414	.0005	.0005	.0000	.0004	.0013	.0000	.0113	.0119	.0138
13	RS _A	.4080	.5779	.0525	.4795	.7217	.0044	.2391	.5423	.0091	.3755	.6140	.0220
平均		.2419	.3484	.0747	.1348	.2931	.0048	.0278	.0697	.0066	.1348	.2371	.0287

5.5.3 与其它方法的性能比较

序号	方法	数据集 #1			数据集 #2			数据集 #3			平均		
		AvgP	AvgR	AvgF	AvgP	AvgR	AvgF	AvgP	AvgR	AvgF	AvgP	AvgR	AvgF
1	AC ^[108]	.6076	.4826	.4269	.6172	.4029	.3618	.0089	.4163	.0112	.4112	.4339	.2666
2	MSS ^[112]	.5331	.4423	.3668	.5076	.3893	.2779	.0025	.2706	.0033	.3478	.3674	.2160
3	FT ^[32]	.4995	.4570	.3450	.2804	.3538	.1059	.0123	.5431	.0147	.2641	.4513	.1552
4	COV ^[110]	.2677	.7743	.2493	.1121	.9295	.1220	.0418	.4717	.0399	.1406	.7252	.1371
5	HFT ^[46]	.2260	.8309	.2138	.1061	.9460	.1161	.0100	.5027	.0128	.1141	.7599	.1142
6	GR ^[166]	.2982	.5560	.2790	.0023	.8099	.0030	.0128	.4610	.0133	.1045	.6090	.0984
7	SUN ^[117]	.1254	.8713	.1428	.1244	.8562	.1198	.0040	.5330	.0052	.0846	.7535	.0892
8	RBD ^[58]	.2463	.4237	.2411	.0022	.6694	.0029	.0002	.0820	.0003	.0829	.3917	.0814
9	SR ^[37]	.1152	.5922	.1171	.0251	.7907	.0308	.0026	.3667	.0033	.0476	.5832	.0504
10	RPC	.3128	.5029	.2972	.1258	.7118	.1314	.0091	.2631	.0113	.1492	.4926	.1466
11	CNS	.0208	.2759	.0250	.0004	.1673	.0006	.0049	.3294	.0064	.0087	.2575	.0107
12	HCN	.0319	.6313	.0332	.0004	.7749	.0005	.0003	.3152	.0004	.0109	.5738	.0113
13	RS _A	.8201	.3079	.4080	.8220	.3888	.4795	.4735	.4835	.2391	.7052	.3934	.3755
平均		.3158	.5499	.2419	.2097	.6300	.1348	.0449	.3876	.0278	.1901	.5225	.1348

5.5.3 与其它方法的性能比较

序号	方法	数据集#1			数据集#2			数据集#3			平均		
		P	R	F1									
1	MSERoAC	.9801	.9801	.9801	.9712	.9712	.9712	1.	1.	1.	.9838	.9838	.9838
2	MSERoCOV	.9801	.9801	.9801	.9712	.9712	.9712	1.	1.	1.	.9838	.9838	.9838
3	MSERoFT	.9801	.9801	.9801	.9712	.9712	.9712	1.	1.	1.	.9838	.9838	.9838
4	MSERoGR	.9801	.9801	.9801	.9519	.9519	.9519	1.	1.	1.	.9773	.9773	.9773
5	MSERoHFT	.9801	.9801	.9801	.9712	.9712	.9712	.9875	.9875	.9875	.9796	.9796	.9796
6	MSERoMSS	.9801	.9801	.9801	.9712	.9712	.9712	1.	1.	1.	.9838	.9838	.9838
7	MSERoRBD	.9478	.9478	.9478	.9567	.9567	.9567	1.	1.	1.	.9682	.9682	.9682
8	MSERoSR	.9801	.9801	.9801	.9663	.9663	.9663	.9875	.9875	.9875	.9780	.9780	.9780
9	MSERoSUN	.9783	.9789	.9785	.9712	.9712	.9712	.9875	.9875	.9875	.9790	.9792	.9790
10	MSERoRPC	.9801	.9801	.9801	.9567	.9615	.9583	1.	1.	1.	.9790	.9806	.9795
11	MSERoCNS	.9503	.9503	.9503	.9591	.9712	.9631	1.	1.	1.	.9698	.9738	.9712
12	MSERoHCN	.9596	.9764	.9652	.9543	.9712	.9599	.9938	1.	.9958	.9692	.9825	.9737
13	MSERoRSA	.9801	.9801	.9801	.9712	.9712	.9712	1.	1.	1.	.9838	.9838	.9838
14	RS _T oAC	.9925	.9925	.9925	1.	1.	1.	.7500	.9125	.8042	.9142	.9683	.9322
15	RS _T oCOV	.9919	.9925	.9921	1.	1.	1.	.6312	.6875	.6500	.8744	.8933	.8807
16	RS _T oFT	.9925	.9925	.9925	.9856	.9904	.9872	.8354	1.	.8896	.9378	.9943	.9564
17	RS _T oGR	.9801	.9814	.9805	.9904	.9952	.9920	.5229	.5375	.5271	.8311	.8380	.8332
18	RS _T oHFT	.9919	.9925	.9921	1.	1.	1.	.5125	.5875	.5375	.8348	.8600	.8432
19	RS _T oMSS	.9925	.9925	.9925	1.	1.	1.	.7063	.8125	.7417	.8996	.9350	.9114
20	RS _T oRBD	.9733	.9776	.9747	1.	1.	1.	.4313	.4500	.4375	.8015	.8092	.8041
21	RS _T oSR	.9882	.9925	.9896	.9880	.9904	.9888	.4562	.5125	.4750	.8108	.8318	.8178
22	RS _T oSUN	.9874	.9925	.9890	1.	1.	1.	.4333	.5500	.4687	.8069	.8475	.8193
23	RS _T oRPC	.9851	.9851	.9851	.9952	.9952	.9952	.5000	.5375	.5125	.8268	.8393	.8309
24	RS _T oCNS	.9573	.9839	.9656	.9164	1.	.9418	.5625	.6750	.5979	.8121	.8863	.8351
25	RS _T oHCN	.9282	.9901	.9455	.9116	1.	.9386	.5010	.9750	.6321	.7803	.9884	.8387
26	RSS	.9925	.9925	.9925	1.	1.	1.	.9188	1.	.9458	.9704	.9975	.9795
平均		.9773	.9820	.9788	.9742	.9826	.9768	.7968	.8538	.8145	.9161	.9395	.9234

5.5.4 实验结果讨论

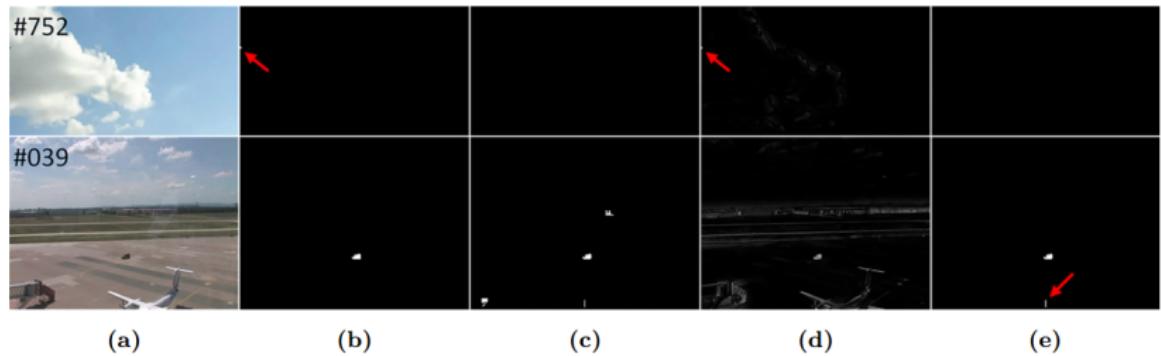


图 5.14 检测失败示例。 (a) 原始输入图像; (b) 人工标注结果; (c) RS_T 算法得到的稳定图 M_T ; (d) RS_A 算法得到的显著图 M_A ; (e) RSS 方法的最终检测结果

5.6 本章小结

小结

- 五种区域描述子、四个稳定性度量准则
- 中心环绕差异
- 融合机制

展望

- 多小目标检测
- 更多先验信息解决虚警

提纲

- ① 绪论
- ② 基于区域主色的显著物体检测
- ③ 基于颜色名空间的显著物体检测
- ④ 基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测
- ⑤ 融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测
- ⑥ 结束语

6 结束语

主要成果

- 提出了一种基于区域主色的显著物体检测方法
- 提出了一种基于颜色名空间的显著物体检测方法
- 提出了一种基于分层结构与颜色名的协同显著物体检测方法
- 提出了一种融合区域稳定性与显著性的单帧彩色图像小目标检测方法
(显著性的一个应用)

未来工作展望

- 特征：颜色、纹理、大小、位置、空间频率等
- 线索：从其它图像或视频中引入外部线索
- 方法：深度学习
- 应用：视频监控领域，辅助解决跨场景的行人检测与跟踪问题

THANK YOU
&
QUESTIONS?