

Luca 缺陷技术速度分区图（跨报告、固定 full-FPT 公平口径）

valley-k-small 自动化基准

2026 年 3 月 9 日

1 研究范围与公平口径

主胜负指标仅比较完整 FPT 竞争者：sparse exact recursion 与 Luca defect-reduced 路线。线性方程法仅作为 MFPT 参考，不参与完整 FPT 胜负判定。统一使用固定时窗口径与比例指标 $R = \text{sparse}/\text{luca}$ ，跨 family 结论不混合绝对秒数。

2 方法与计时协议

计时采用 warm-up 1 次 + 实测 3 次取中位数。Luca 模式规则：defect pairs ≤ 120 用 full；否则用 sampled- z 外推估计。估计式： $t_{\text{est}} = t_{\text{setup}} + (t_{\text{eval}}/n_z)m + t_{\text{fft}}$ 。

3 主结果

汇总中位数 $R = 0.0005$ （均值 0.0198），Luca 胜率 $P(R > 1) = 0.000$ 。全局判定：No Luca winning region under fixed-T full-FPT fairness. 估计校验：n=8，中位相对误差 =0.126（25% 阈值判定：通过）。

4 图件

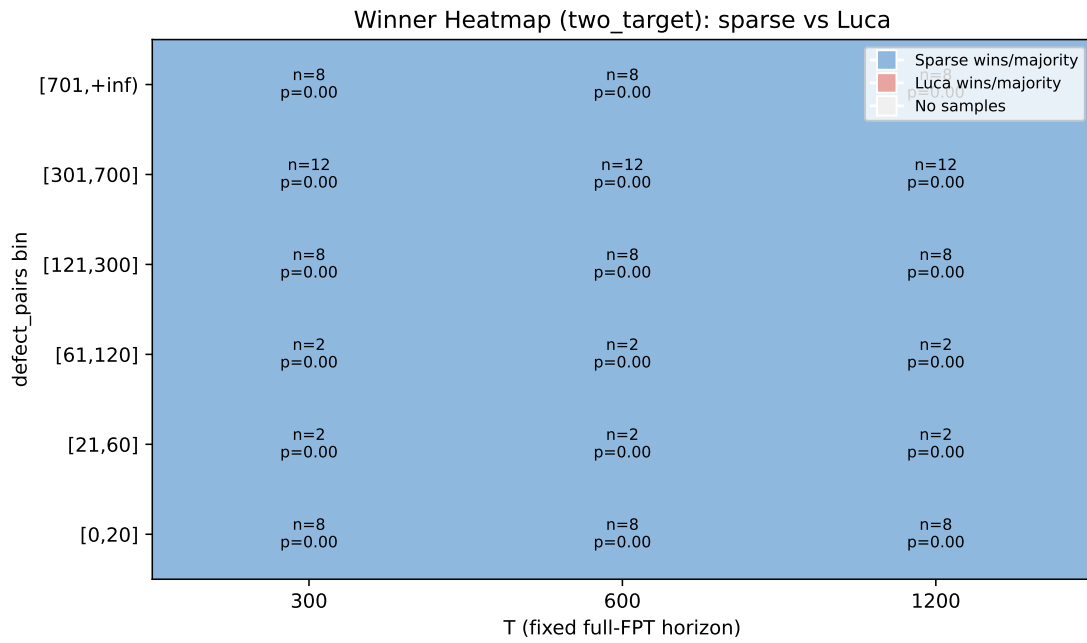


图 1: two-target 样本上的 winner heatmap。

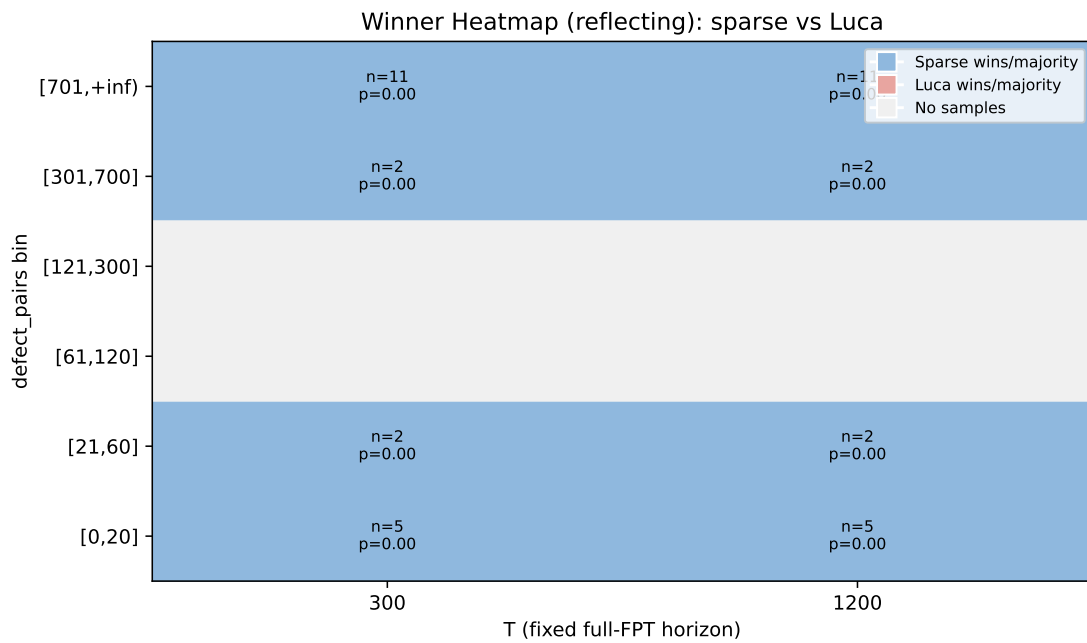


图 2: reflecting 样本上的 winner heatmap。

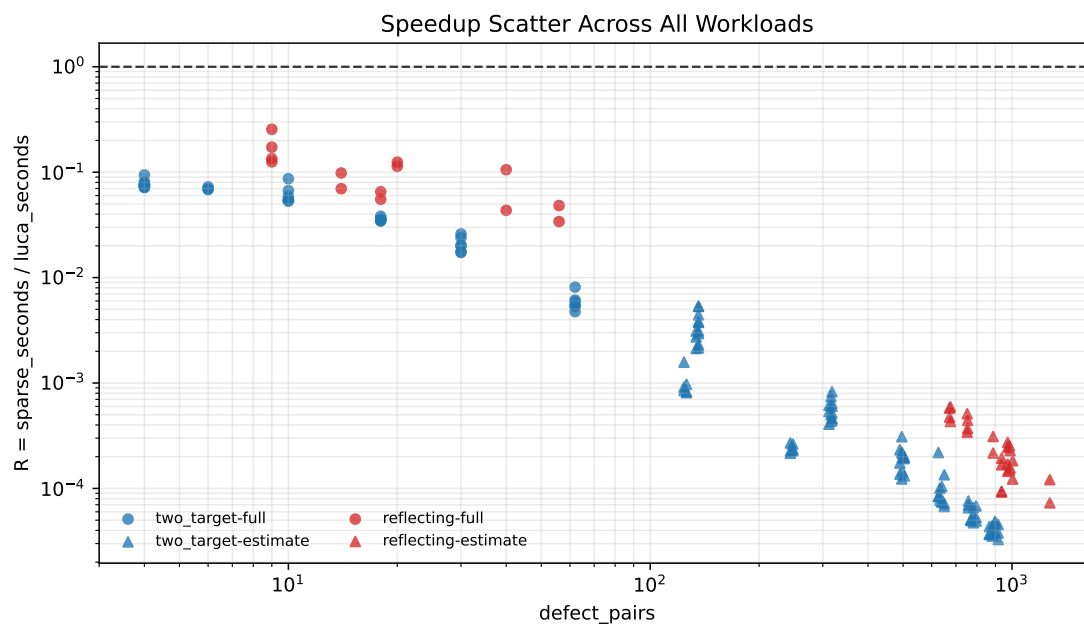


图 3: 全样本速度比散点图 (区分 full/estimate 模式)。

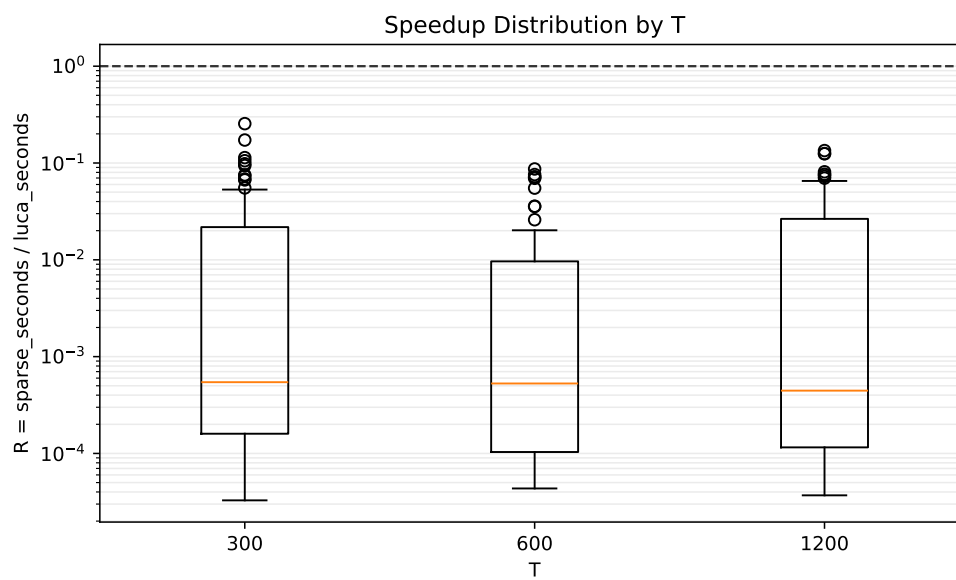


图 4: 按固定时窗 T 的 R 分布。

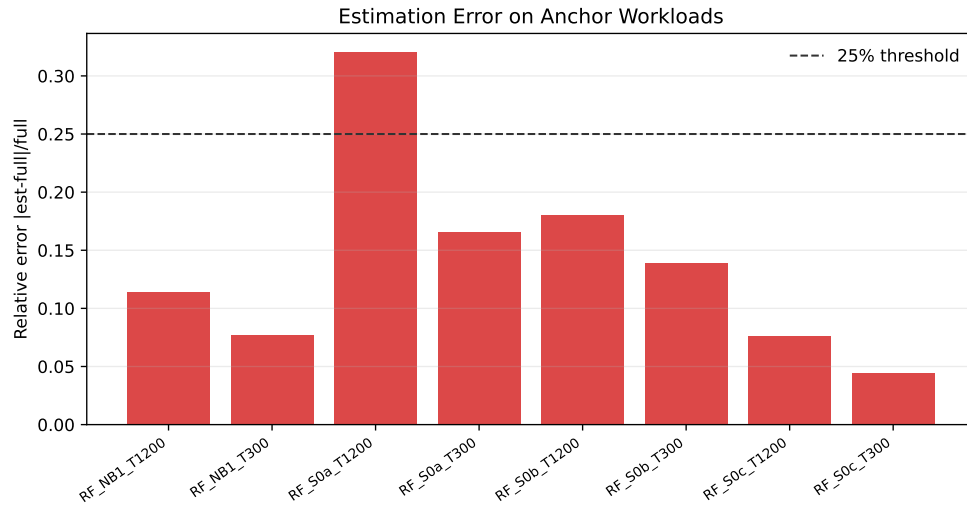


图 5: 锚点 workload 上 full 与 estimate 的相对误差。

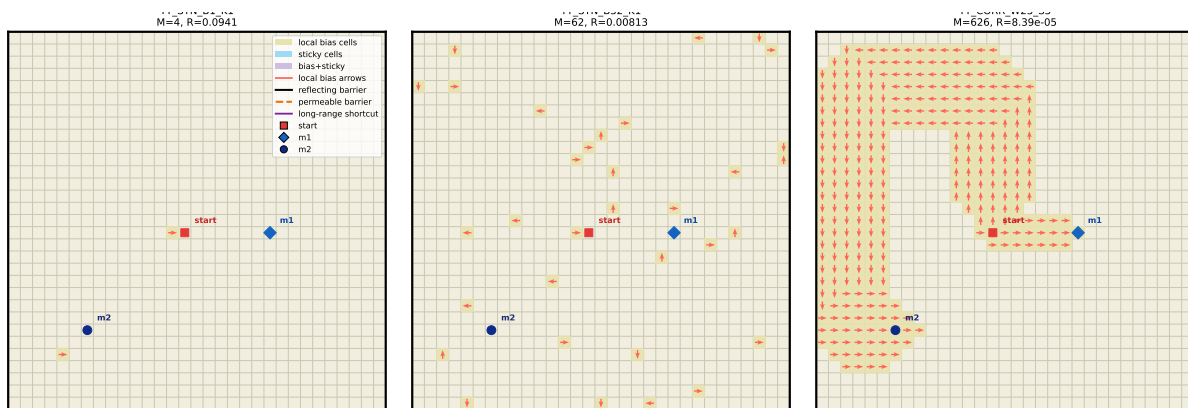


图 6: 低/中/高缺陷代表性配置图 (复用现有风格工具)。

5 表格

表 1: 按缺陷分箱与时窗分组的运行比摘要。

Defect bin	T	n	Median R	Mean R	$P(R > 1)$
[0,20]	300	13	0.0734	0.0919	0.000
[0,20]	600	8	0.0705	0.0628	0.000
[0,20]	1200	13	0.0727	0.0779	0.000
[121,300]	300	8	0.0019	0.0021	0.000
[121,300]	600	8	0.0015	0.0019	0.000
[121,300]	1200	8	0.0020	0.0021	0.000
[21,60]	300	4	0.0329	0.0472	0.000
[21,60]	600	2	0.0231	0.0231	0.000
[21,60]	1200	4	0.0290	0.0304	0.000
[301,700]	300	14	0.0002	0.0003	0.000
[301,700]	600	12	0.0002	0.0003	0.000
[301,700]	1200	14	0.0003	0.0003	0.000
[61,120]	300	2	0.0068	0.0068	0.000
[61,120]	600	2	0.0057	0.0057	0.000
[61,120]	1200	2	0.0053	0.0053	0.000
[701,+inf)	300	19	0.0002	0.0002	0.000
[701,+inf)	600	8	0.0000	0.0001	0.000
[701,+inf)	1200	19	0.0001	0.0001	0.000

表 2: 锚点配置运行时基线。

Anchor	Defects	Sparse(s)	Dense(s)	Full AW(s)	Luca(s)	Linear(s)
low_defect (TT_SYN_B1_K1_T300)	4	0.0029	0.0050	22.9998	0.0416	0.0147
high_defect (TT_CORR_W23_S2_T300)	632	0.0034	0.0065	22.2596	36.4872	0.0168

6 实务建议矩阵

任务类型	推荐方法
固定有限时窗下的完整 FPT 曲线	默认采用 sparse exact recursion；仅在缺陷极稀疏且锚点校验通过时考虑 Luca。
只关心 MFPT/splitting	线性方程法（不参与 full-FPT 胜负判定）。
需要变换域并且缺陷稀疏	可用 Luca defect-reduced AW，但需保留 estimate/full 校验。
高缺陷走廊类配置	优先 sparse recursion；计入 setup/eval 后 Luca 常不占优。

7 复现信息

核心数据文件: data/manifest.csv、data/runtime_raw.csv、data/runtime_summary.json。