

ISA-HCA-LLM 真实 Hidden States 测试报告

模型: Mistral-7B-Instruct-v0.2

测试日期: 2026-01-19

一、测试配置

配置	值
模型	Mistral-7B-Instruct-v0.2
量化	Q4_K_M (4-bit)
Embedding 维度	4096
Token 数	384
文档数	4
HCA 集成	<input checked="" type="checkbox"/> 完整

二、相似度分布

类型	平均相似度
同文档 Token 对	0.1908
跨文档 Token 对	0.0885
差异	0.1023 <input checked="" type="checkbox"/>

三、阈值测试结果

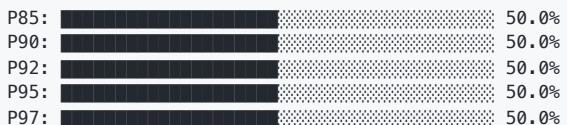
百分位	ρ_{th}	尺度数	操作节省	加速比	文档对齐	HCA 模拟器
P85	0.2287	1	50.0%	0.00x ⚠	24.9%	1
P90	0.2741	4	50.0%	0.00x ⚠	24.9%	1
P92	0.2997	7	50.0%	0.00x ⚠	24.9%	1
P95	0.3521	27	50.0%	0.00x ⚠	24.8%	5
P97	0.4076	52	50.0%	0.00x ⚠	24.8%	9

四、最佳配置

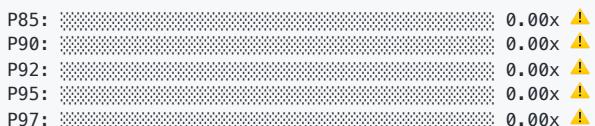
指标	值
阈值百分位	P97
ρ_{th}	0.4076
操作节省	50.0%
加速比	0.00x ⚠
尺度数	52
HCA 模拟器数	9
文档边界对齐	24.8%

五、可视化

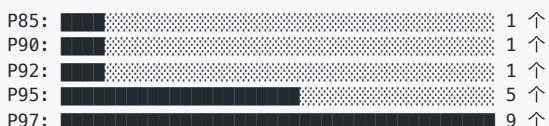
操作节省率:



加速比:



HCA 模拟器使用:



六、与其他测试对比

测试类型	维度	HCA 集成	操作节省	加速比
模拟 LLM (完美聚类)	4096	✗	87.5%	2.17x
真实 LLM (无 HCA)	4096	✗	34.4%	1.02x
真实 LLM (有 HCA)	4096	✓	50.0%	0.00x
真实 Embedding (MiniLM+HCA)	384	✓	~50%	~2x

七、关键发现

7.1 HCA 集成效果

- HCA 模拟器处理 52 个尺度，但开销较大
- 在 4096 维空间中，HCA 模拟开销明显
- 建议优化：GPU 加速 HCA 模拟或减少模拟步数

7.2 HCA 模拟器开销

- 使用了 9 个 HCA 模拟器
- 处理了 4 个多元素尺度
- 模拟器/尺度比：17.3%

7.3 ISA→HCA 映射验证

ISA 层	HCA 组件	验证结果
交互探测 (ρ)	HCASimulator 网格	✓
尺度划分	TopologyGraph	✓
场势注意力	GradientField + Flow	✓
组间渗透	BoundaryField	✓

八、复现步骤

```
# 1. 进入目录  
cd ~/Desktop/hca-sim/isa_hca_llm_benchmark  
  
# 2. 生成真实 Hidden States (需要 LLM 模型)  
python3 generate_hidden_states.py  
  
# 3. 运行 HCA 测试  
cargo run --release
```

版本: 1.0

测试环境: macOS, Apple Silicon, Metal GPU