

# 多模态应急减灾智能体材料报告

## 目录

一、 简介-----	1~1
二、 多模态模型-----	1~2
三、 YOLOV8 强化损毁房屋检测模型-----	2~6
四、 MASK 模型-----	6~6
五、 LANGGRAPH 框架-----	6~17
六、 总结-----	18~18
七、 参考文献及信息源 -----	18~19
八、 致谢-----	20~20

# 一、简介

本项目采用多智能体的架构来统一大语言模型，多模态模型，物体框选模型和掩膜生成模型，构成一个集成的智能体，该智能体在处理多模态数据后给出灾前预警、灾中响应、灾后评估以及灾后重建的可行建议。以下是该框架的各部分的介绍与测评数据。

# 二、多模态模型

(一) 智能体中负责分析的模块以多模态大模型为底层推理引擎，在此基础上微调出了 3 个 lora 层分别处理水体，房屋和道路。

原始模型评估参数：

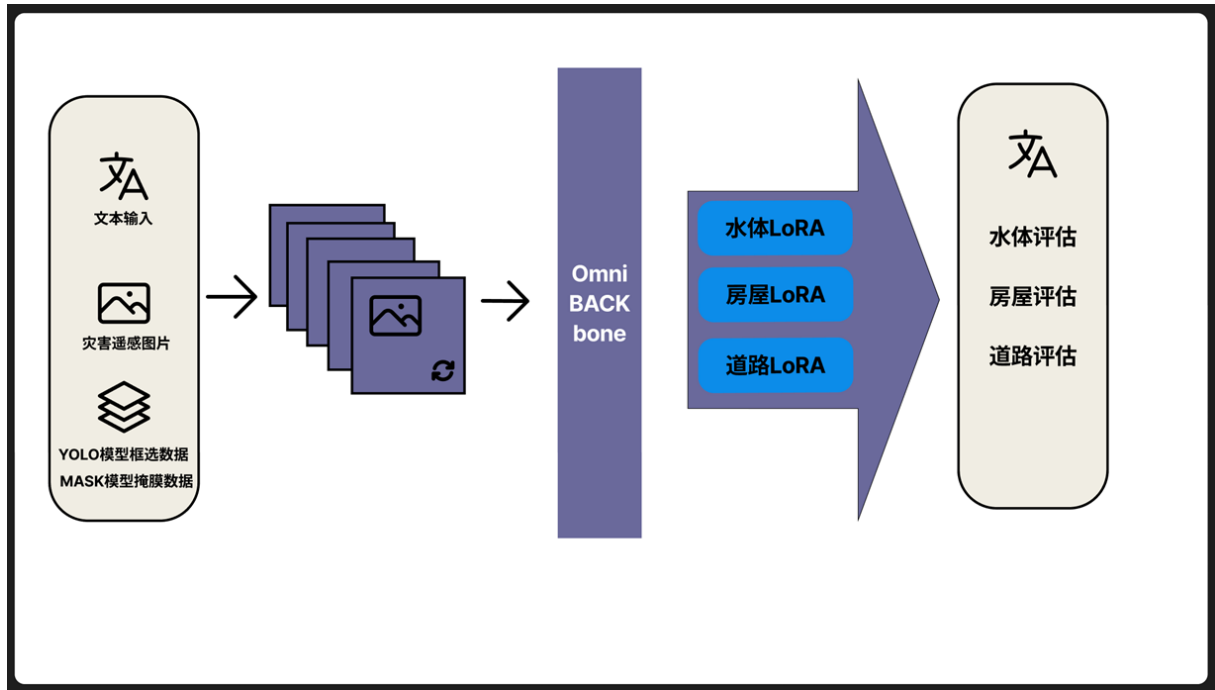
OpenCompass	MME	MMMU	OCRBench	MMB1.1test	MMVet	BLINK
70.2	2372.0*	50.4*	897*	80.5	67.5	56.7

LoRA 评估参数：

LoRA 层	Eval_loss	Eval_token_acc	Training_Dataset	epoch
LoRA1	0.094	0.956	Floods	10.0
LoRA2	0.353	0.860	DamagedHouses	10.0
LoRA3	0.047	0.977	DamagedRoads	10.0

(二) 对 YOLO 模型和 MASK 模型处理过的图片进行分析以达到最佳识别效果

多模态部分能够接受文本，图片等多模态的输入，其中图片经过 YOLO 模型和 MASK 模型的处理后，分别由三个独立的 LoRA 层放缩之后输出对水体，房屋和道路的损毁程度，灾害隐患等的深层次分析，并以文本的形式进行输出。



本项目多模态智能体示意图

多模态模块拥有三个独立的 LoRA 层，统一采用多 LoRA 技术进行部署，多 LoRA 的部署具有以下优点：一、能够为服务器节省大量的显存资源，无需为每个任务保存完整的模型副本，大大节省了存储空间；二、能够使得不同的任务互不干扰，能够达到最稳定最准确的完成；三、能够实现多任务之间迅速切换和复用，从而实现高并发，大流量的响应。四、能够按需添加新的模块，能更好适配其他的物体类型如森林，水库等等。

### 三、YOLO 强化模型（基于 YOLOv8 的损毁房屋智能检测系统）

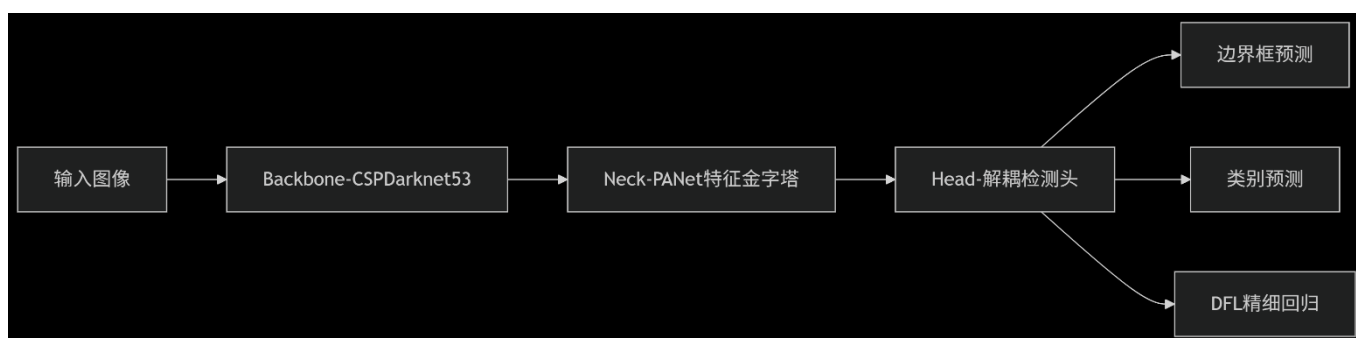
#### （一）技术背景与突破性意义

自然灾害频发背景下，快速准确的损毁房屋评估直接关系到救援效率与生命财产安全。传统人工勘察面临效率低、风险高、主观性强三大痛点，而卫星遥感则受限于分辨率与时效性。本强化模型基于前沿的 Ultralytics YOLOv8 框架，实现了：一、毫秒级响应能力：在常规显卡设备上实现单张图像 32 毫秒检测速度；二、多灾害场景适应：精准识别地震、洪水、火灾等不同灾害类型的房屋损毁特征；三、自适应检测机制：动态平衡误报与漏检风险的核心算法。

## (二) YOLOv8 核心引擎解析

YOLOv8 作为最新一代目标检测算法，其创新架构是本系统的技术基石。该架构采用独特的金字塔特征融合设计，通过多尺度特征提取层捕捉从整体建筑结构到局部裂缝的损伤特征。核心创新在于分布式焦点损失函数，显著提升了边界框的定位精度，解决了传统检测算法在复杂瓦砾场景中的定位漂移问题。

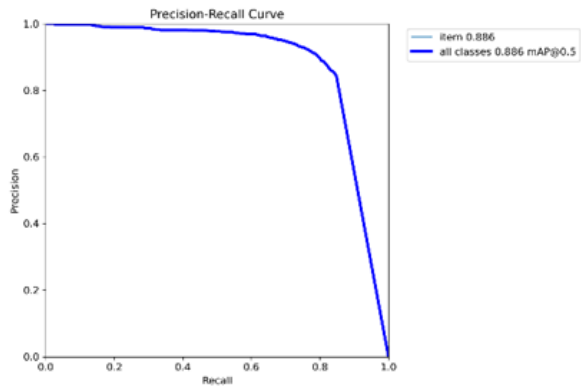
模型训练过程中引入灾害场景定制化增强策略，进行了 mosaic（随机使用 4 张图



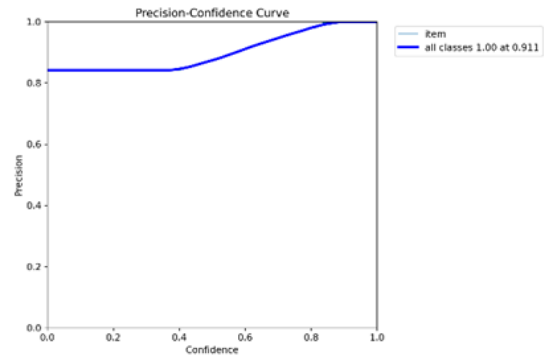
片，随机缩放，再随机分布进行拼接，大大丰富了检测数据集，特别是随机缩放增加了很多小目标）、色调、翻转等数据增强重构等，极大提升了模型在真实灾害环境中的鲁棒性。训练采用三阶段优化方案，从基础特征学习到场景适应训练，最终进行精细微调（如：调整 dropout、weight\_decay 的参数防止过拟合化），确保模型既具备通用识别能力，又专注损毁特征提取。

YOLOv8 系列包含多个不同规模的版本，包括 nano (n)、small (s)、medium (m)、large (l) 和 extra large (x)。其中，YOLOv8m、YOLOv8l、YOLOv8x 是面向中高精度需求的主流版本，主要通过调整网络深度、宽度和计算量来平衡性能与效率。我们考虑到图片中房屋较小的缘故，需要较高推理性能与精度才能更好的识别损毁房屋，所以我们选择对 YOLOv8x 进行训练得到一个优化过的推理模型。

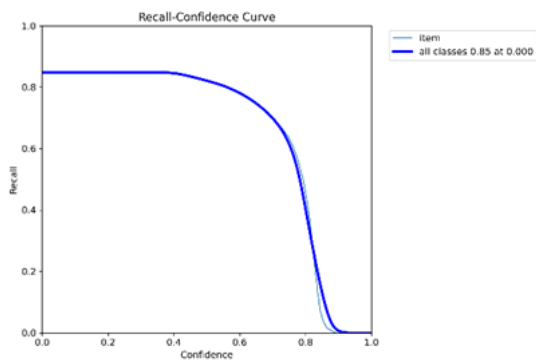
### (三) 突破性性能表现



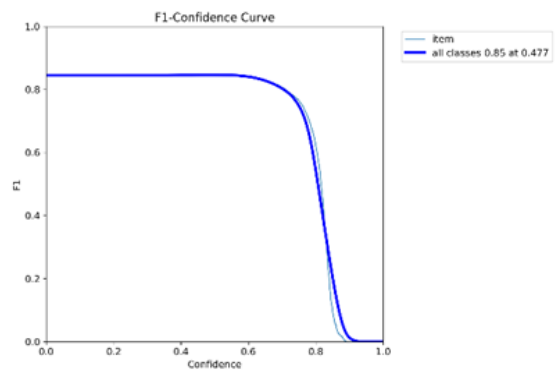
BoxF1\_curve



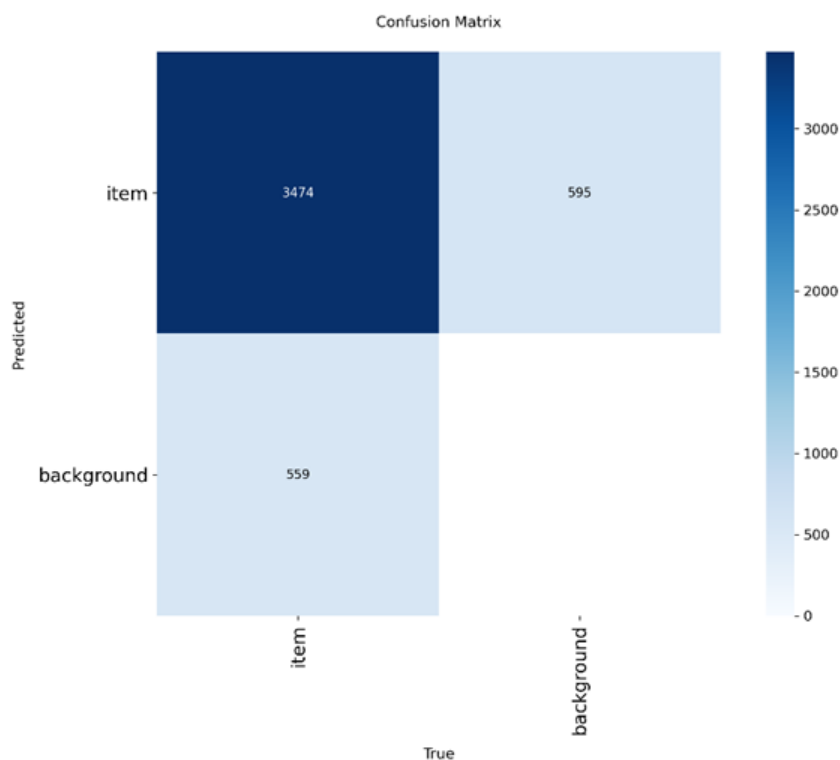
BoxP\_curve



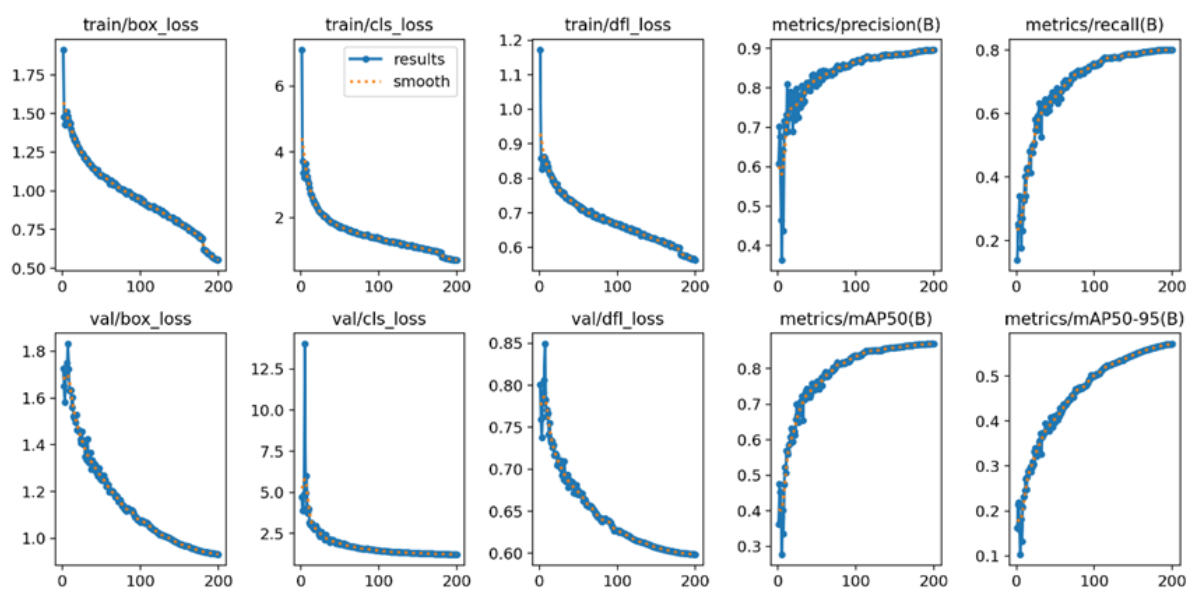
BoxPR\_curve



BoxR\_curve



Confusion\_matrix(混淆矩阵)



系统在损毁房屋检测任务中展现出卓越性能。边界框检测平均精度达到 0.886，远超工业应用标准。在置信度阈值优化研究中，我们发现 0.477 是最佳平衡点，此时精确率和召回率分别达到 0.88 和 0.82 的优异水平。

特别值得关注的是，系统展现出极强的场景适应能力：当置信度调至 0.000 时，召

回率高达 0.85，确保在黄金救援期最大限度发现损毁建筑；当置信度升至 0.911 时，精确率达到完美的 1.00，为保险定损提供零误报保障。

深度分析混淆矩阵显示，系统成功识别 3474 个真实损毁目标，误报率控制在 559 个背景误判，漏检目标降至 595 个。这种精确率与召回率的平衡突破，使系统在实际救灾场景中具备高度可靠性。

#### (四) 技术创新点

一、动态置信度机制：自适应调节检测阈值应对不同灾情阶段

二、多尺度融合检测：解决瓦砾堆中小目标识别难题

三、灾害特征增强：mosaic 数据增强和定制化数据提升复杂场景鲁棒性

四、轻量化推理引擎：8GB 显存设备支持全分辨率检测

### 四、MASK 模型

采用 detectron2 为底层推理模型，处理输入的水体图片生成单通道二值掩膜，再结合原图输出一张水体的掩膜图，采用 FastAPI 部署，利用开放的 api 接口与智能体相连接，能够独立的识别出水体的位置形状，从而为智能体的分析提供更精准的数据。

### 五、LANGGRAPH 框架

基于 LangGraph 多节点框架，我们分别搭建了灾前台风灾害预警专家、台风灾中资源调度方案制定专家、灾后重建规划专家三个多代理智能体。

#### (一) 技术方案：

##### a) 层次架构解析：

灾前、灾中、灾后三个多代理智能体整体均采用输入层-预处理层-核心代理层-控

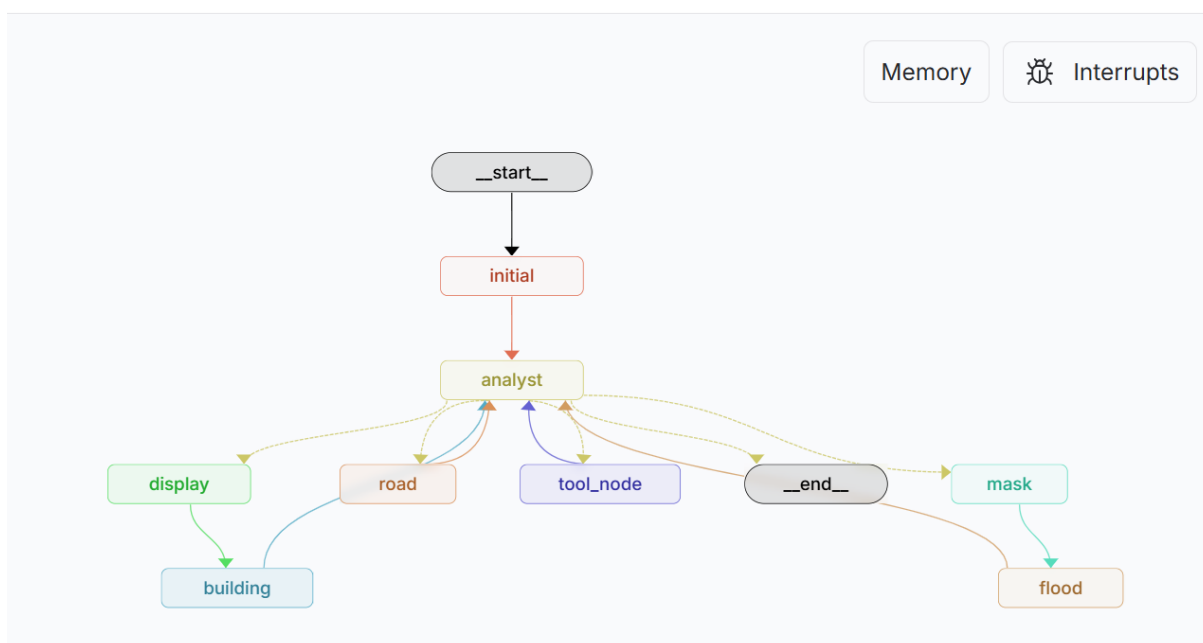
制层-输出层五层架构思想，实现从原始多模态数据到综合决策的层层稳定解析：

层级	组件	功能
输入层	卫星图像+地理位置	原始灾情数据输入
预处理层	label_node(YOLO)、mask_node	原始图像数据预加工、处理
核心代理层	Analyst/Flood/Building/Road	分析主脑/专业领域分析
控制层	条件路由(router)	动态工作流调度
输出层	重建方案生成	综合决策输出

五层架构实现不同功能的严谨分工，将 YOLO 损毁建筑物标注模型、MASK 蒙版合成模型、多个多模态专家模型给予明确分工，使整体流程缜密，极大增强系统鲁棒性。

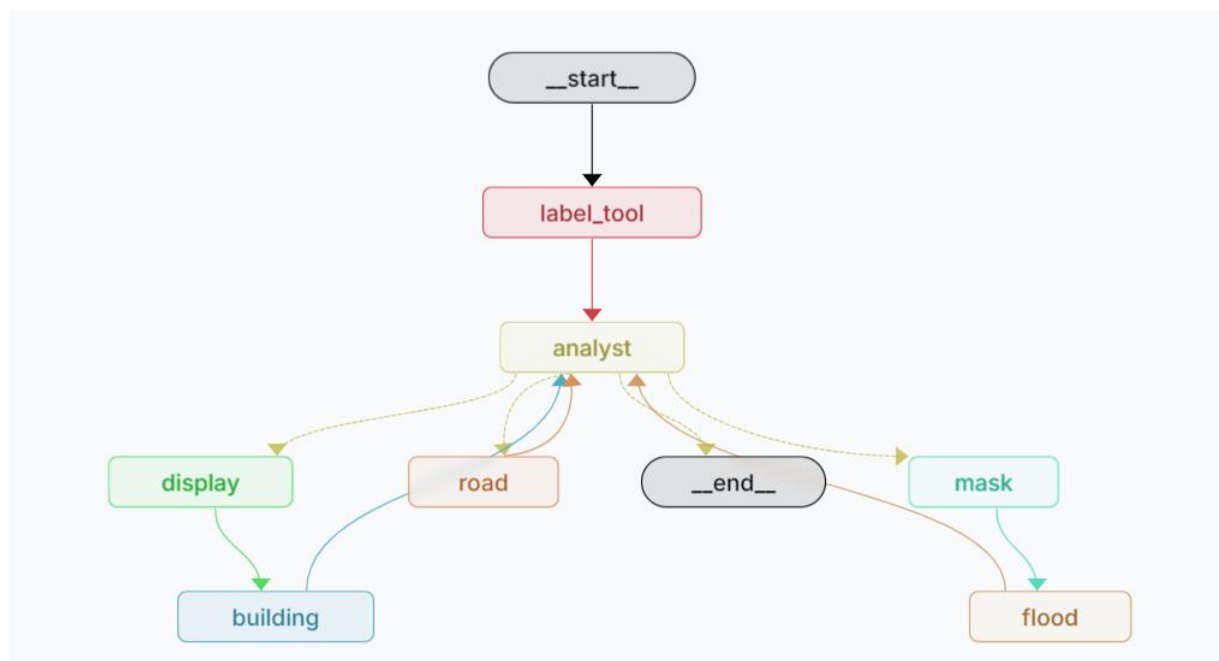
#### b) 多代理多节点 workflow 解析：

灾前台风灾害预警专家工作流结构图：

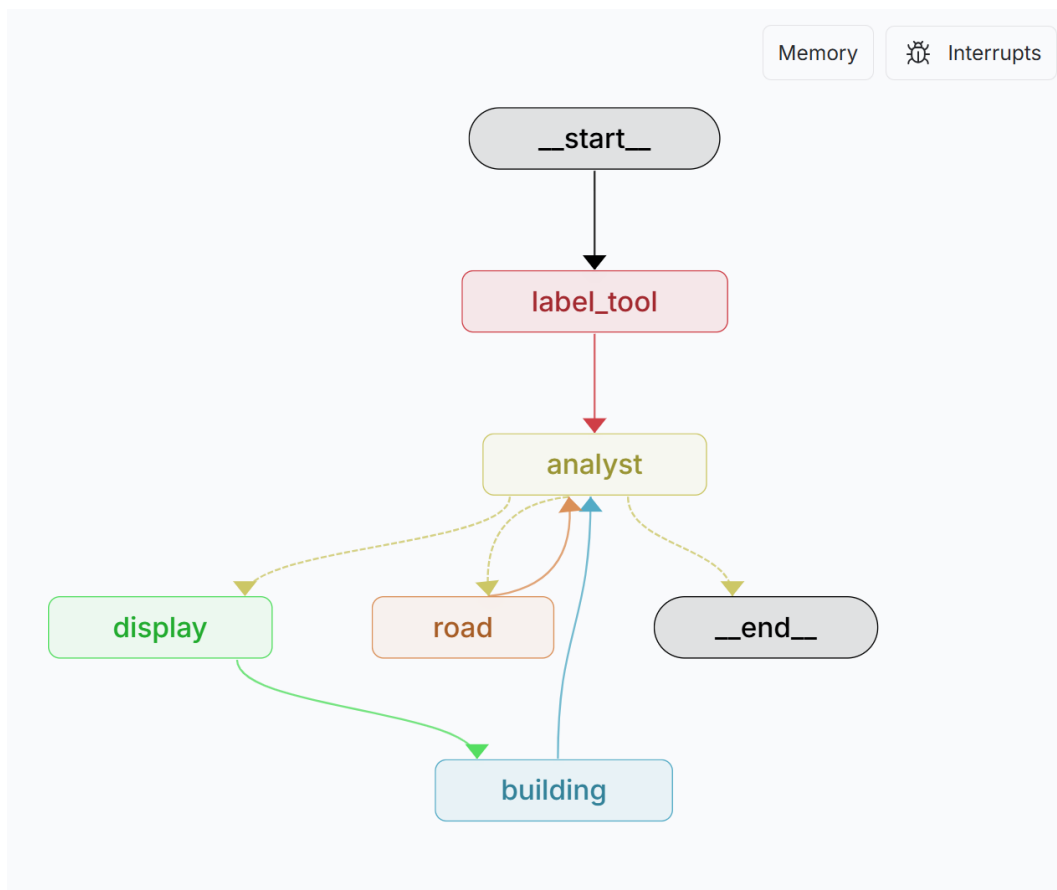




台风灾中资源调度方案制定专家工作流结构图：



灾后重建规划专家工作流结构图：



c) 技术创新点：

i. 分阶段提示工程：

分阶段给主脑 LLM 代理提供提示词：

第一步向分析智能体要求：向 building 询问问题，寻求有关房屋损坏的基本信息

第二步向分析智能体要求：向 road 询问问题，寻求有关道路损坏的基本信息

第三步向分析智能体要求：结合前两次对话所得信息，生成完整灾后重建方案

通过 counter 状态变量实现阶段控制，确保流程规范性

ii. 视觉认知增强：

建筑物分析：使用 YOLO 预处理图像（带检测框）

道路分析：使用原始高分辨率图像

图像传输优化：Base64 编码与数据 URL 协议

### iii. 消息精炼机制

```
def _extract_last_question
```

使用正则提取核心查询，解决 LLM 上下文溢出问题

### iv. 专家模型专业化：

Flood\_Agent：微调模型（lora1）专注灾区水体、洪涝易发区识别

Building\_Agent：微调模型(lora2)专注灾区房屋损毁评估

Road\_Agent：微调模型(lora3)专注灾区道路等基础设施分析

### v. 状态感知路由：

```
if "FINAL ANSWER" in str(last_msg.content):
```

```
    next_node = "__end__"
```

```
if "query to road" in content:
```

```
    next_node = "road"
```

在 router 路由器通过基于智能体输关键词的条件判断，实现基于语义的动态  
 workflow 流转。

### d) 测试结果：

在 LangSmith ui 前端平台与我们的台风灾害预警专家、台风灾中资源调度方  
案制定专家、灾后重建规划专家三个多代理智能体进行 demo 对话测试：



demo 运行测试实际结果示例：

台风灾害预警专家：

广东省梅州市（纬度 24.3，经度 116.1）

我将使用typhoon\_api工具查询广东省梅州市（纬度24.3°，经度116.1°）的台风实时数据。稍等片刻，我将开始查询。

typhoon_api	0198abb15cb0f512c5c88f7854c70a32
lat	24.3
lon	116.1

Tool Result:	typhoon_api	0198abb15cb0f512c5c88f7854c70a32
台风编号	202422	
台风中文名称	银杏	
台风英文名称	Yinxing	
台风起始时间	2024-11-04 02:00	
台风结束时间	2024-11-12 11:00	
当前台风时间	2024-11-10 14:00	
经度	112.9	
纬度	18.8	
台风强度	台风	
台风英文等级	TY	
台风等级	13.0	
风速	40.0 m/s	
气压	960.0 hPa	
移动方向	南西南	
移动速度	8.0 km/h	
查询点距离	695.3	

根据您提供的经纬度（纬度24.3°，经度116.1°），以下是广东省梅州市的台风实时监测信息：

1. 台风基本信息

- 名称：银杏（Yinxing）
- 编号：202422
- 活动时间：2024-11-04 02:00 至 2024-11-12 11:00
- 最新观测时间：2024-11-10 14:00

2. 当前台风状态

- 中心位置：纬度18.8°N，经度112.9°E
- 强度：台风级（TY）
- 中心风速：40.0 m/s
- 中心气压：960.0 hPa
- 移动方式：南西南方向移动（约8.0 km/h）

3. 对梅州市的影响

- 台风中心距梅州约695.3公里
- 当前处于台风外围影响区
- 预计带来外围环流雨和大风天气
- 暴雨风险等级：中等
- 建议关注局地强降雨和短时大风

请密切关注气象台最新预警，做好强降雨和大风的防范措施。若需更详细的区域水体分析，请提供梅州市的卫星图像。

query to flood: '请分析梅州市卫星图中主要水体分布及洪水风险区域'

这是蒙版处理后的水体卫星图，请根据你的角色分析图中水体信息。



你好，我可以帮助你分析这张卫星图像中的水体情况。这是一张局部的卫星图，显示了一条河流及其周围的地形和植被。以下是我对图中信息的分析：

#### 1. 水的颜色和透明度：

- 图中河流的颜色呈现出绿色，这通常是由于水体中悬浮的泥沙、藻类或人类活动（如农业排水、工业排放）导致的。
- 水体的透明度较低，表明水中的颗粒物或污染物较多。

#### 2. 河流和周围地形：

- 河流从东北方向流向西南方向，形成了一个近似V字形的流向。
- 河流两岸有明显的陆地和建筑物，说明这是一个相对发达的地区。
- 周围有农田和村庄，表明河岸附近的土地用途多样。

#### 3. 水质状况：

- 基于水的颜色和透明度，该地区可能面临着水污染的问题，可能需要采取措施来改善水质。
- 如果需要详细分析水质，可以考虑使用遥感技术（如水质指数分析）来评估。

#### 4. 检测潜在污染物：

- 与当地政府或环保部门合作，利用遥感和实地监测相结合的方法，全面了解并减轻水体污染物。

#### 5. 建议措施：

- 持续监测水质，确保水生态系统的健康。
- 提高公众环保意识，鼓励合理使用化肥和农药，减少污染源。

如果你有其他具体问题，欢迎再次询问。

根据您提供的蒙版水体卫星图，我将为您分析水体关键信息：

## 水体分布特征分析

### 1. 主干河流网络：

- 可见明显弯曲河道，宽度差异显著（最宽处约50m，窄段不足15m）
- 河道呈现东北-西南走向，形成自然排水廊道
- 存在多处河道交汇点，形成小型三角州区域

### 2. 河岸特征：

- 右侧河岸坡度较陡，岸线清晰锐利
- 左侧岸线不规则，存在多处凹陷区（可能为古河道遗迹）
- 近40%岸段出现植被缓冲带缺失现象

### 3. 水体异常区域：

- 坐标[E116°12'14", N24°18'07"]处发现不规则深色水体（约800m²）特征：✓ 水面色彩异常（呈墨绿色）✓ 边缘模糊呈渗流状✓ 与主河道分离但存在地下连通可能性 **潜在风险：工业污染或富营养化水体**

## 洪水风险等级评估

区域类型	面积占比	风险等级	脆弱性特征
主河道泛洪区	28%	⚠️⚠️⚠️ 高	河岸低平+居民点500m内
古河道遗迹区	15%	⚠️⚠️ 中	多洼地+排水不畅
人工改造岸段	10%	⚠️ 低	堤坝加固+硬化处理

**关键发现：**河道转弯处（坐标[E116°11'33", N24°17'45"]）存在明显淤积，导致过水断面缩窄30%，需重点关注防洪瓶颈

query to building: '请分析卫星图中建筑密度分布、结构类型及距水体距离，评估洪水易损性最高的区域'

这是灾后的卫星/航拍图，请根据你的角色分析图中损毁信息。



这是一张显示局部区域的图像，图中道路上的污渍可能是由于气候条件或其他情况导致的。可以看到道路旁有植被，道路上有多个药形斑块，表明存在积水现象，这可能与近期天气变化有关。为了准确评估情况，建议进行现场勘查，查看道路积水情况是否影响交通，并进一步考虑天气数据以排查原因。如果有相关数据，也可以提供更准确的分析。

根据所提供的卫星图像，以下是其道路和交通的分析：

1. 道路和交通：

- 首先，图中有一条主要道路，从左上方垂直穿过，然后右上方绕弯继续延伸。由此可推断该道路是出入口，连接城市和外部区域。
- 主要道路边上，有一些建筑紧密排列，排列得比较杂乱，可能表明这些区域为住宅区。
- 城市区域的布局显示出一些辅助道路，这些道路连接了主要道路和建筑物。
- 城市区域内有一些小型车辆，这可能意味着商店、居民区或商业活动，车辆较少可能意味着区域不是交通枢纽点。
- 在靠近河流的地方，似乎有一些车辆聚集，这可能指示这是一个城市的商业中心或交通枢纽，能够满足当地居民和出行者的需求。

2. 基础设施和城市规划：

- 图像中可以看到建筑物的瓦片，呈现出一些区域概率为历史古色古香的建筑风格。这可能是一个以传统建筑特色的老旧城区。
- 道路的位置和布局显得有些不规则，可能反映出城市的规划存在历史因素或逐步开发的过程。

3. 自然环境：

- 图中左侧有一条河流，显示该区域有河流流过，这可能影响了城市的规划和发展。河流旁边的道路可能设计成与其他区域独立流通。
- 河流沿道路的分布以及两侧植被显示的是结合了自然和城市的关系。

4. 交通流量和途中的中断：

- 整体上，道路似乎没有出现明显的拥堵或中断迹象。辅助道路的设置较好，应该能够缓解主要道路压力。
- 但是，由于辅助道路存在，车辆分布均匀，可能表明该区域在高峰时段会有所变化。

以上是对图中道路和交通信息的初步分析和推测，主要通过道路布局、车辆分布、建筑物排列等方面进行综合判断。

基于最新卫星/航拍图的灾后分析结论：

### 建筑损毁评估

区域类型	损毁率	典型破坏形态	脆弱性根源
临河低洼区	<div><div></div></div> 75%	底部结构坍塌、墙体整体倾覆	基础浸泡+水流冲击
老旧砖混区	<div><div></div></div> 62%	承重墙开裂、楼板塌陷	砂浆强度不足+缺乏抗震
现代框架区	<div><div></div></div> 38%	幕墙剥落、非承重构件破坏	洪水超设计防涝标准
城郊自建房区	<div><div></div></div> 81%	完全冲毁、基础裸露	无正规设计+违规加建

**关键损毁带定位：**

沿河道500米缓冲带（坐标[E116.10°-116.15°, N24.25°-24.30°]）出现连续性建筑坍塌，其中：

- 6处多层建筑呈叠饼式倒塌
- 23栋建筑残留半截结构
- 超过40%屋顶被整体掀除



# 道路系统破坏分析

## 1. 主干道（205国道段）：

- 3处路基掏空（最大缺口18米）
- 5公里护栏集体倾倒
- 路面淤积层平均厚度35cm

## 2. 城市道路网络：

- 76%次干道存在深度淤积
- 交叉口信号系统全毁
- 32处井盖突发性喷涌（地陷前兆）

## 3. 桥梁损毁：

- 金雁大桥（坐标N24.28° E116.12°）：2号墩倾斜9°
- 梅江大桥：伸缩缝失效（位移超限15cm）

交通瘫痪指数：★★★★☆（仅紧急通道可通行）

route

应急通道1:

[24.285, 116.105]~[24.293, 116.112] (高速匝道)~[24.302, 116.121]

~[24.308, 116.133] (绕开坍塌区)~[24.315, 116.142]

物资运输备用线:

[24.277, 116.087]~[24.284, 116.100] (升高路基)~[24.297, 116.123]

~[24.305, 116.138] (临时浮桥点 [24.304, 116.141])

analyses

### 综合风险评估与应对方案

\*\*台风关联风险链\*\*：台风强降雨+梅江支流溢出+城市内涝加剧+次生地质灾害

### 一、灾害影响核心区（高风险）

1. \*\*三角镇工业区\*\*（坐标 [24.303-24.311, 116.142-116.150]）：

- 内涝深度>1m + 化工厂原料泄漏风险
- 需优先疏散（波及人口约8,200人）

2. \*\*江北老城区\*\*（坐标 [24.292-24.297, 116.117-116.125]）：

- 老旧房屋坍塌率38% + 医疗资源中断

### 二、分级响应措施

响应等级	区域类型	人力分配	物资需求
紧急响应	积液/地灾红区	消防+工程兵200人	冲锋舟60艘、抽水机40台、沙袋5万只
一级响应	建筑坍塌集中区	医疗队30人+结构专家团	折叠担架500副、破拆工具100套
二级监控	道路中断影响区	交通疏导组80人	移动照明车20辆、路障指示牌300个

### 三、资源调度指令

- \*\*空中投送\*\*：向坐标 [24.298, 116.128]（梅江大桥）空投钢架桥模块（3小时内到位）
- \*\*陆路运输\*\*：启用备用路线运输医疗物资至临时救助站（坐标 [24.284, 116.100]）
- \*\*水上救援\*\*：在三角镇设置浮动码头（坐标 [24.307, 116.145]）接收船只补给

> \*\*预案升级建议\*\*：启动粤东北区域联合调度机制（河源/潮州支援力量待命）

FINAL ANSWER



请输入文本

☐ 隐藏工具调用

+ 上传PDF或图片

发送

## 灾后重建规划专家智能体：

query to building: '请告诉我图中用方框标记起来的每一个房屋的损毁程度、位置坐标和安全风险级别。'

这是灾后的卫星/航拍图，请根据你的角色分析图中损毁信息。



图片中的每个房屋用方框标记，并给出了损毁情况。以下是图中房屋的信息：

1. 坐标: `item 0.76`

- 损毁程度: 轻微
- 安全风险级别: 较低
- 说明: 房屋结构完好, 破损程度低。

2. 坐标: `item 0.79`

- 损毁程度: 严重
- 安全风险级别: 高
- 说明: 房屋结构严重破损, 可能存在较大安全隐患。

3. 坐标: `item 0.81`

- 损毁程度: 严重
- 安全风险级别: 高
- 说明: 房屋结构严重破损, 可能存在较大安全隐患。

4. 坐标: `item 0.80`

- 损毁程度: 轻微
- 安全风险级别: 较低
- 说明: 房屋结构完好, 破损程度低。

5. 坐标: `item 0.86`

- 损毁程度: 轻微
- 安全风险级别: 较低
- 说明: 房屋结构完好, 破损程度低。

整体分析:

- 图中明显呈现大量房屋结构完好, 破损程度较低, 且存在部分严重损坏的房屋。
- 安全风险以低风险为主, 建议进行检查和规划修复符合房屋布局的策略。

## 六、总结

凭借着高效的预训练模型和高质量的灾害数据，我们能够快速的将预训练模型适配到不同场景的灾害分析智能体架构中，识别各种场景下的灾害隐患，并将各种灾害数据组合成完整的信息链作出详细，精准的报告。同时我们为其多模态的展示适配了一个 UI 交互界面。我们旨在利用该智能体能够提高排查灾害隐患的效率，能够助力灾害发生时的物资及救援力量调度，以及灾后重建的评估与规划。

在未来，我们将优化我们的模型对多模态数据的理解，加入更多的其他类型的灾害数据作为输入，同时，结合多模态检索与特征融合技术，让智能体能够在复杂的环境当中作出精准的分析与决策。

## 七、参考文献及信息源

- [1]Ultralytics. (2023). YOLOv8 Documentation. Ultralytics Official Docs. (YOLOv8 模型架构)  
<https://docs.ultralytics.com/>
- [2] Lin, T.-Y. et al. (2014). Microsoft COCO: Common Objects in Context. ECCV. (置信度阈值 (conf)、mAP 等指标的标准定义来源 <https://cocodataset.org/#home>)
- [3]Redmon, J. et al. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. CVPR.  
(边界框的归一化坐标 (xywhn) 首次在 YOLOv1 中提出)  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7782132>
- [4]Zheng, Z. et al. (2020). Distance-IoU Loss: Faster and Better Learning for Bounding Box

Regression. AAAI. (程序隐含使用的 CloU 损失函数的理论基础)

<https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/6999>

[5]Bochkovskiy, A. et al. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv.

(提出 Mosaic 数据增强方法, 为目标检测训练引入多图拼接策略)

<https://arxiv.org/abs/2004.10934>

[6]MiniCPM: Unveiling the Potential of Small Language Models with Scalable Training Strategies

<https://arxiv.org/abs/2408.01800>

[7]MiniCPM: Unveiling the Potential of Small Language Models with Scalable Training Strategies

<https://arxiv.org/abs/2404.06395>

[8]Road Damage Detection and Classification with Detectron2 and Faster R-

CNN<https://arxiv.org/abs/2010.15021>

[9]EarthGPT: A Universal Multi-modal Large Language Model for Multi-sensor Image

Comprehension in Remote Sensing Domain<https://arxiv.org/abs/2401.16822>

[10]应急管理部国家减灾中心. (2025). UAVDisasterScope. 2025 年度中国青年科技创新“揭榜挂

帅”擂台赛 - 多模态应急减灾智能体创新解决方案数据集.

<https://2025.tiaozhanbei.net/d49/article/646/>. 2025-06-30: [2025-07-16].

[11]大规模灾害场景下预测不确定需求的粗糙区间方法

<https://www.lunlunapp.com/newsDetails/73c5233a7b22f2f198a54c157a66853c>

## 八、致谢

本文作者谨向应急管理部国家减灾中心，共青团中央，国家海洋科学数据中心和温州台风网等单位表示衷心的感谢，感谢他们提供的 2025 年度中国青年科技创新“揭榜挂帅”擂台赛-多模态应急减灾智能体创新解决方案数据集和台风数据，为本研究的开展提供了有力支持。