

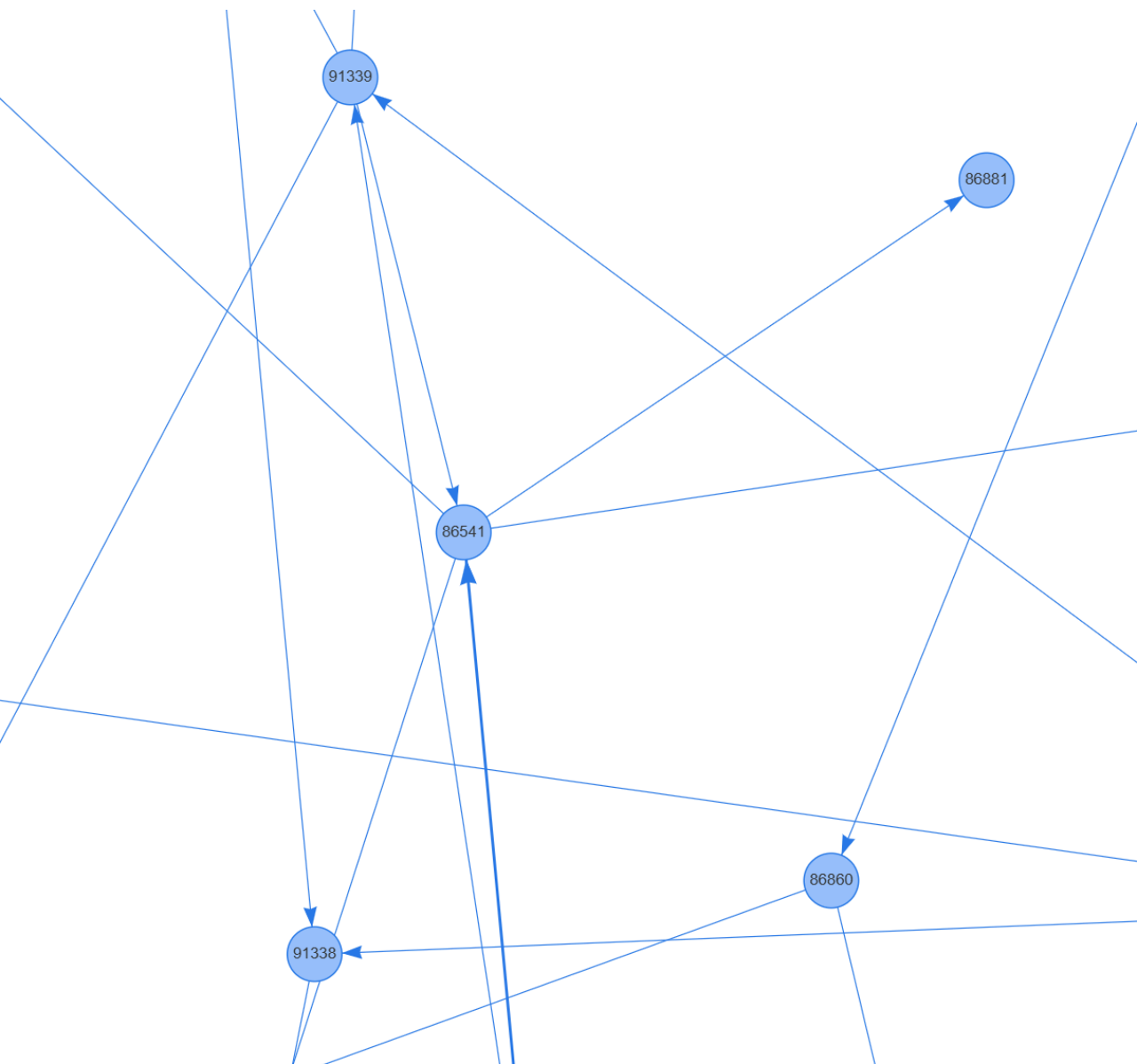
# 基于贝叶斯网络的地铁制动缸泄漏异常检测定位系统

- 董文杰、陆昊宇：算法实现、报告撰写、PPT 制作；
- 项目源码：<https://github.com/Mr-LUHAOYU/HeartDance/tree/main/Project3-AnomalyDetection>

## 实验目标

本实验旨在开发一个基于贝叶斯网络的异常检测系统，用于：

1. 根据地铁制动缸 100 多个传感器的检测值判断是否存在异常；
2. 准确定位异常传感器；
3. 为维护人员提供可解释的异常特征排名。



## 实验结果

部分网络结构示意图如左图所示。模型在测试集上的平均预测准确率为**90.2%**，特异性为 83%，敏感性为 97%。泛化性能良好。

**特异性。**对于异常数据点，预测的正确率为 83%，下图展示的准确率是指判断为正常样本的频率。

```
27-03-25 12:12:13 [pypickle.pypickle]> INFO      > [pypickle] Pickle file loaded: {filepath}
```

父节点（有子节点的节点）：{'86842', '86897', '86521', '91338', '86860', '86823', '86767', '87009', '86937',

子节点（没有子节点的节点）：{'86579', '86765', '91337', '86622', '90124', '86780', '86671', '91195', '86695',  
9800

节点预测正确总数：56172 节点总数：91464 节点准确率：0.6141432694830753

预测正确总数：1679 样本总数：9800 准确率：0.1713265306122449

总推理时间：2664.1466660499573 平均推理时间：0.2718517006173426

**敏感性。**对于正常数据点，预测的准确率为 97%，下图展示的准确率是指判断为正常样本的频率。

```
27-03-25 13:03:53 [pypickle.pypickle]> INFO      > [pypickle] Pickle file loaded: {filepath}
```

父节点（有子节点的节点）：{'86596', '86521', '86955', '86900', '86972', '86973', '86842', '86693', '86823',

子节点（没有子节点的节点）：{'87005', '86881', '86765', '91185', '86803', '91337', '86839', '86822', '86899',  
9800

节点预测正确总数：94759 节点总数：97653 节点准确率：0.9703644537290201

预测正确总数：9492 样本总数：9800 准确率：0.9685714285714285

总推理时间：2876.760939836502 平均推理时间：0.29354703467719406

# 算法简介

贝叶斯网络 (Bayesian Network) 是一种概率图模型，由 **有向无环图(DAG)** 和 **条件概率表(CPT)** 组成。在地铁制动缸泄漏检测系统中，网络架构包含三个核心组件：

1. **结构学习** - 确定变量间的依赖关系；
2. **参数学习** - 计算各节点的条件概率分布；
3. **信息推断** - 基于观测数据进行概率推理。

关于信息推理：

1. **输入证据**：将父节点的传感器值作为证据输入模型。
2. **推理预测**：对每个子节点的状态进行推理，判断其是否处于异常状态。
3. **结果评估**：若子节点的预测状态与实际状态一致（且概率高于阈值），则视为正确预测。统计正确预测的节点数量和样本数量，计算准确率。

## 关于部署

模型在每一个测试样本上的推理速度大约为 0.3 秒。在性能不高的板卡等设备边缘部署时，推理时间将会进一步加大。如果需要进行实时监测，可能需要较好的边缘算力支撑，或者对预测算法进行优化。

## 结论

本实验基于贝叶斯网络构建的地铁制动缸泄漏异常检测定位系统，能够有效检测异常并定位到具体传感器节点。实验结果表明，模型在准确率和推理效率上均表现良好，具备实际应用潜力。未来可通过进一步优化模型和扩展数据集，提升系统性能。

**恳请老师批评指正**