

基于层次化自动机的智能家居设备建模与运维异常定位研究

研究团队：康锴、叶星彤、许利杰、王伟、魏峻
联系我们：xulijie@iscas.ac.cn

问题分析

研究问题1：如何针对种类繁多、操作复杂的智能家居设备建立通用的模型？

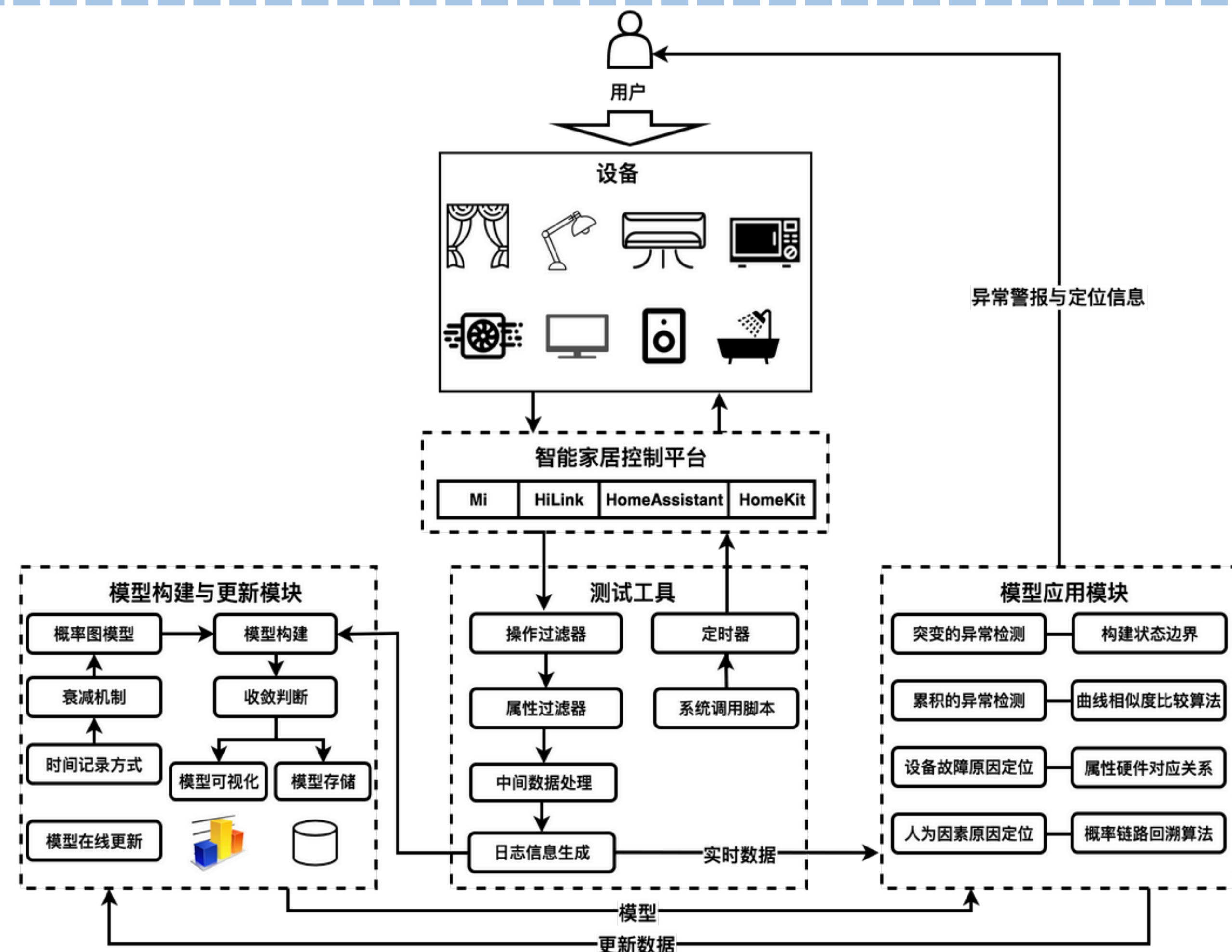
解决方法：提出层次化自动机模型，通过将设备属性数据按照运行模式与时间信息划分成不同层次，符合智能家居设备特点。

研究问题2：如何检测出属性不统一、存在互联影响的智能家居设备的异常状态？

解决方法：提出基于状态边界和曲线相似度比较的异常检测方法，通过分析模型与实时数据的关系与差异，可以检测出突变的属性异常情况与累积的属性异常情况。

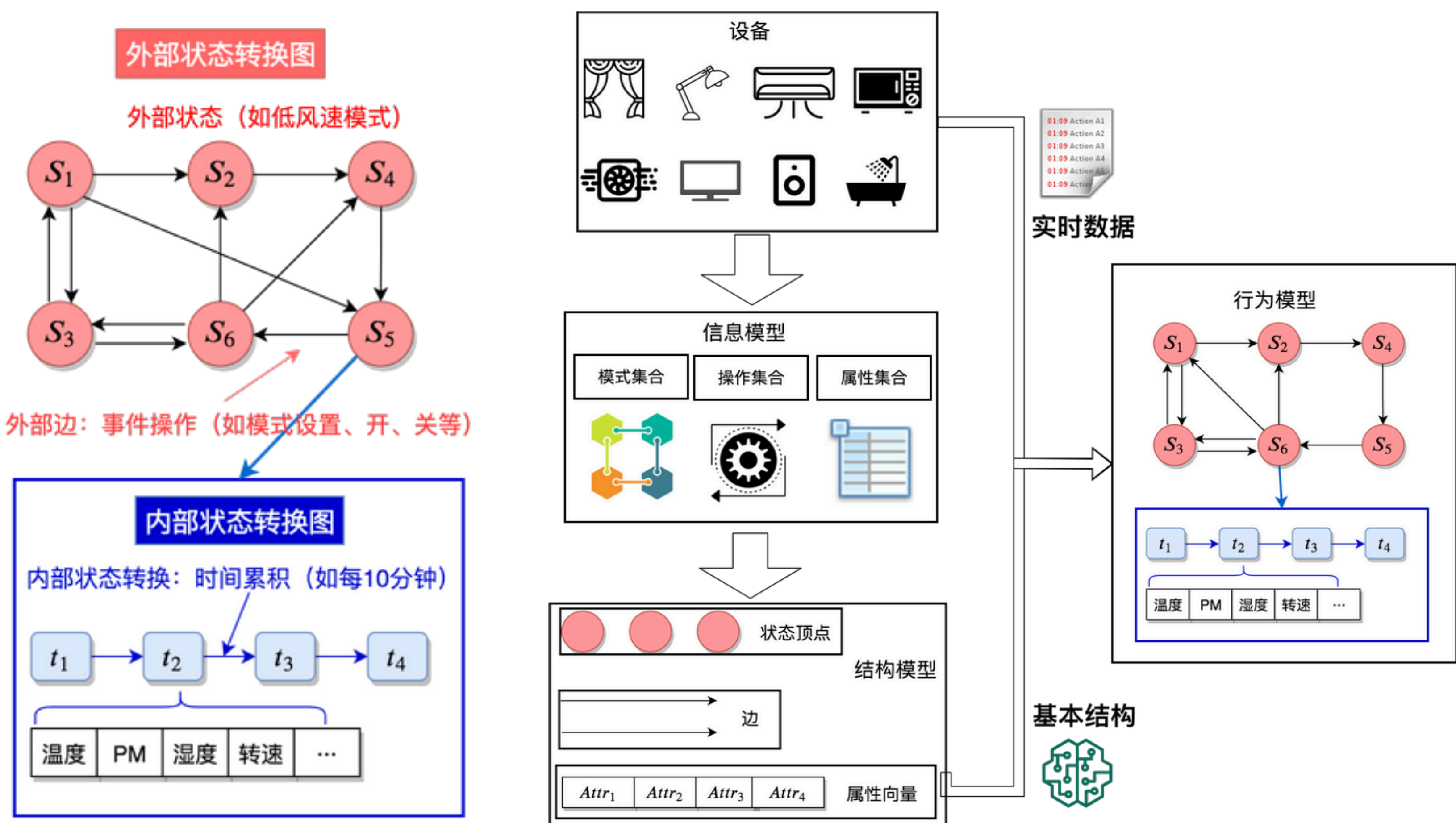
研究问题3：如何从复杂的软硬件信息与人为因素中定位设备异常的原因？

解决方法：提出基于属性硬件对应关系和概率链路回溯的异常原因定位方法，通过分析异常属性与硬件、操作、时间与环境信息的关系，给出最有可能的异常原因。



层次化自动机模型

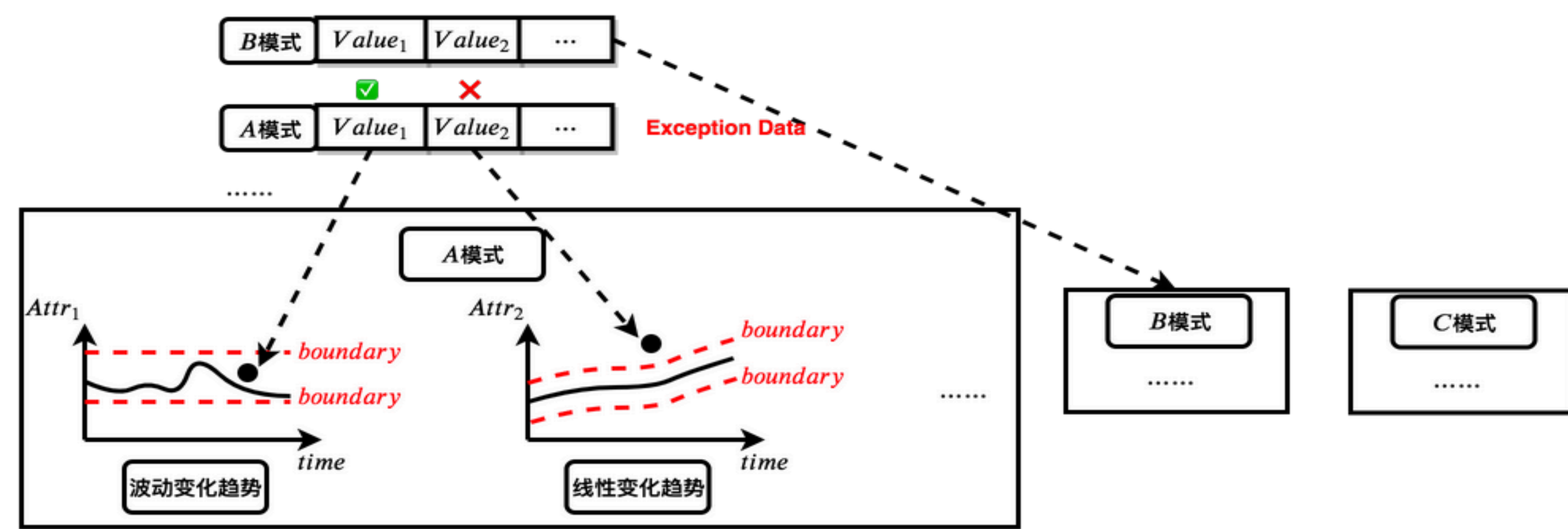
模型表示：外部状态对应着设备的运行模式，内部状态对应着设备属性数据向量与时间信息。外部状态通过操作进行转换，内部状态通过时间信息进行转换。



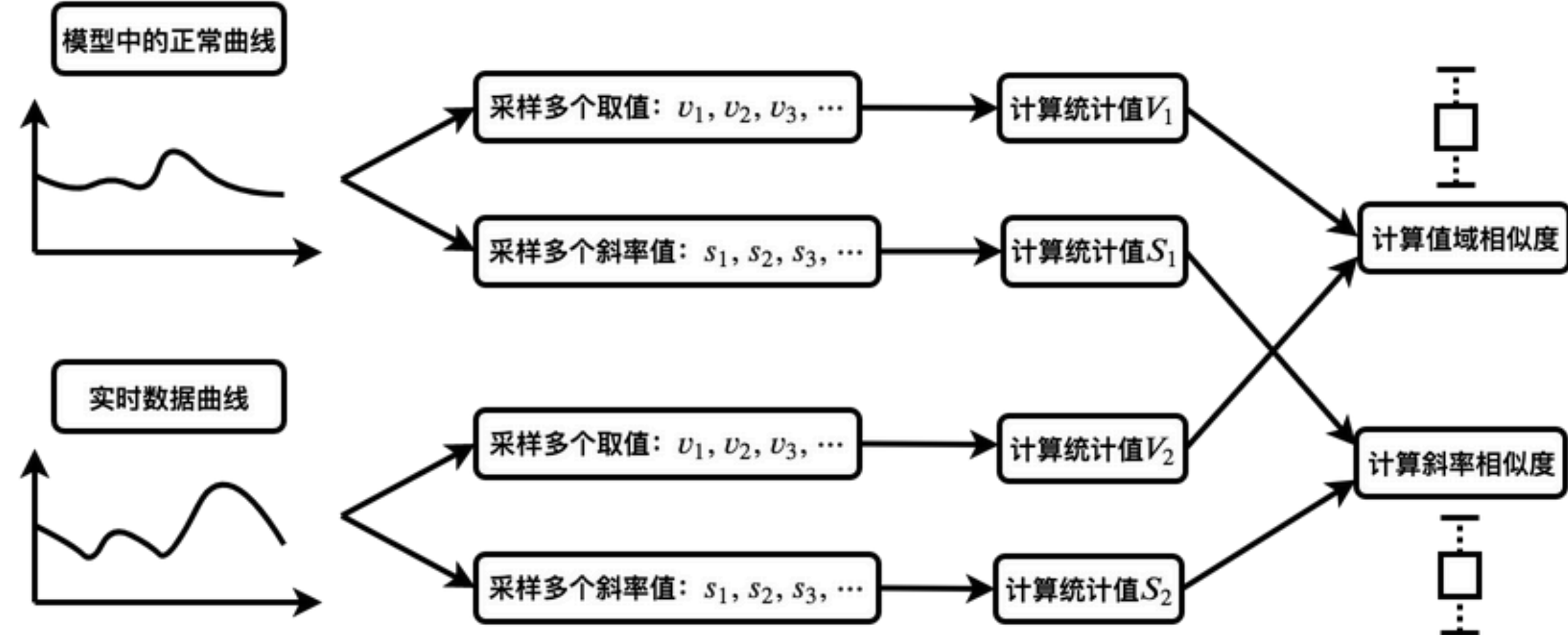
模型构建：通过Home Assistant平台获取设备信息模型->信息与模型结构对应构建结构模型->随机自动化测试方法构建行为模型。

设备异常检测

基于状态边界的异常检测方法：通过模型获得每个属性的范围边界，进而建立每个模式的状态边界，用于检测突变的异常情况。



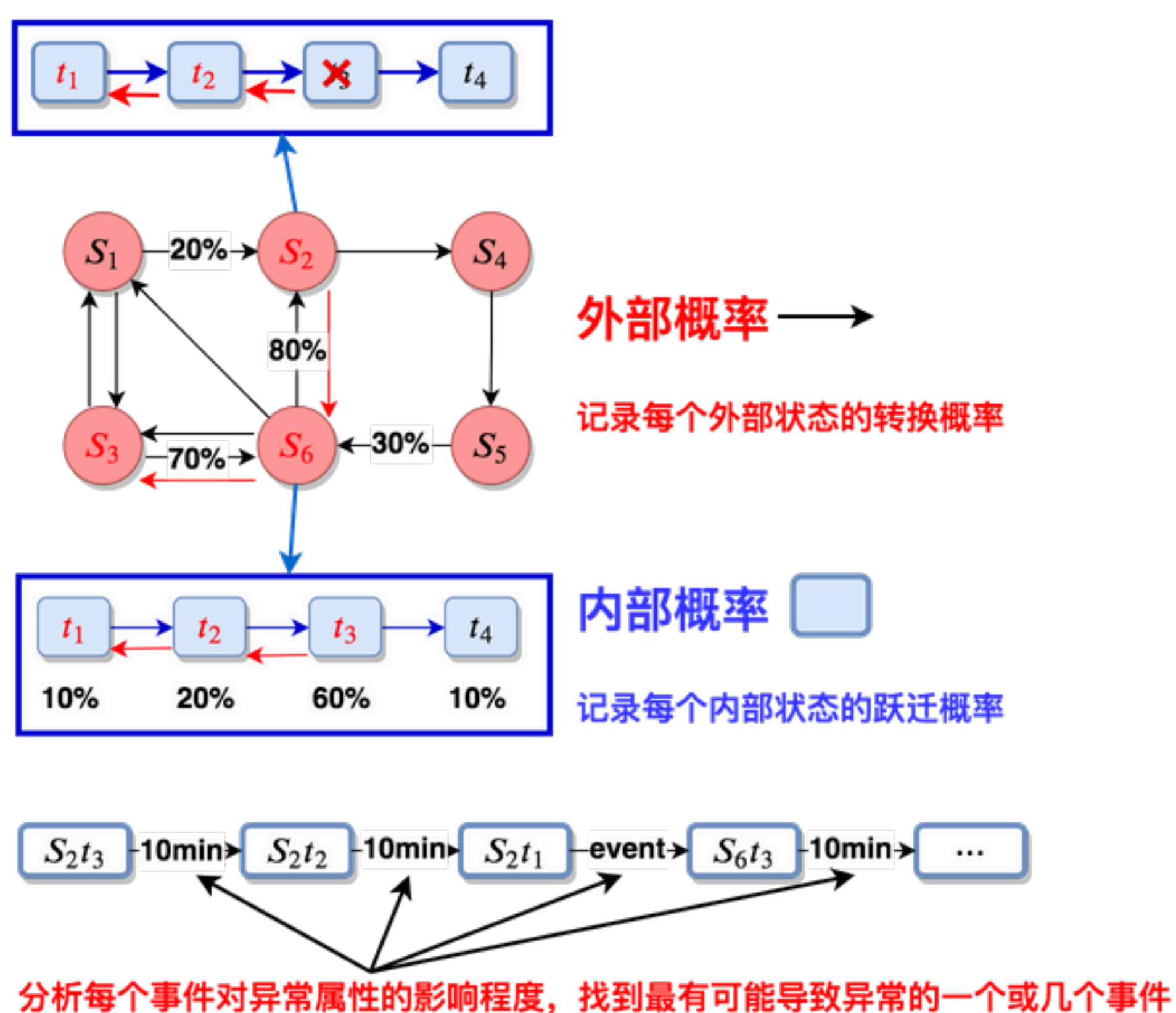
基于曲线相似度比较的异常检测方法：从曲线的取值和波动情况两方面对模型曲线与实时曲线进行比较，用于检测累积的异常情况。



设备异常原因定位

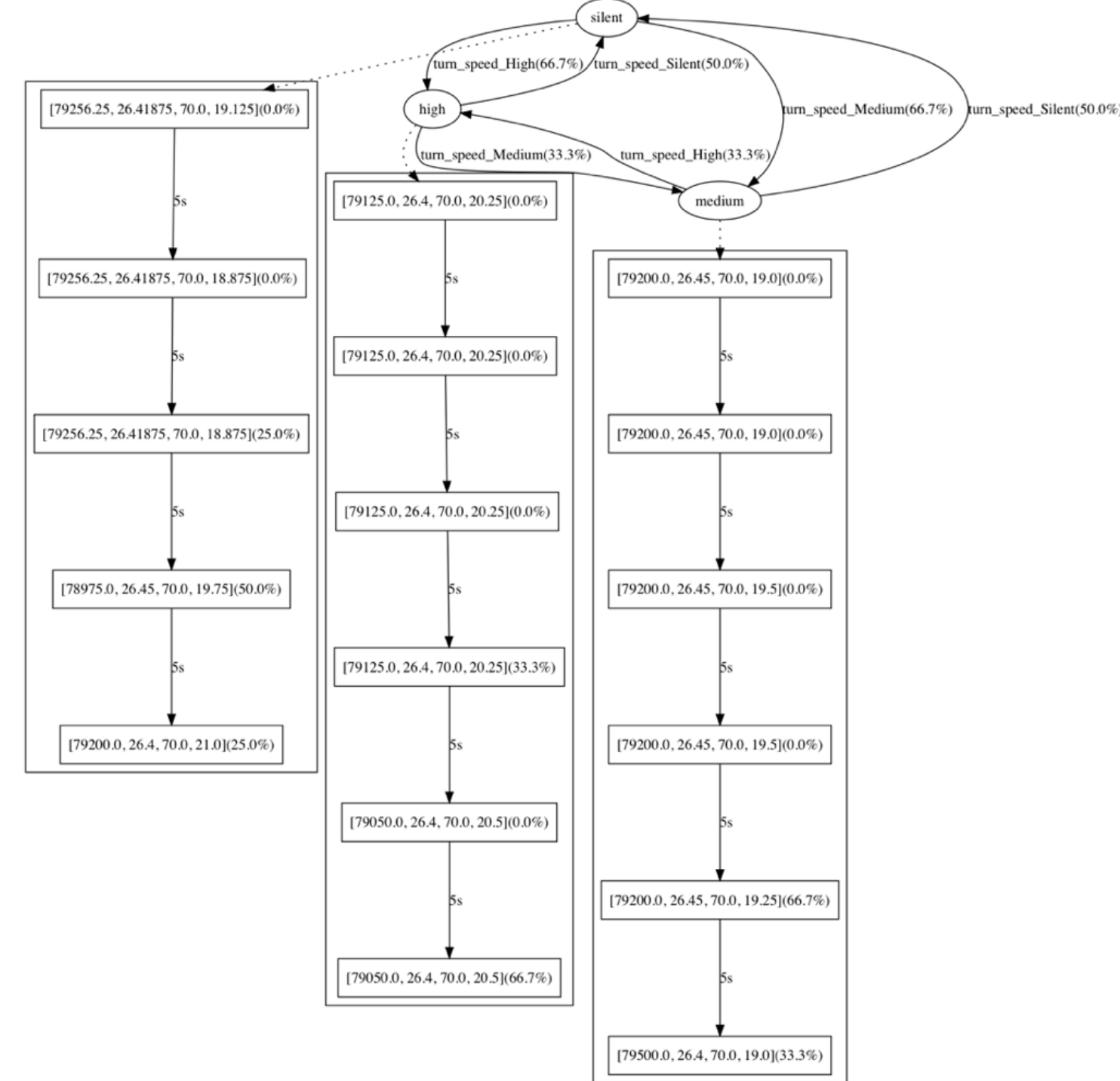
基于属性硬件对应关系的异常原因定位方法：异常属性与硬件有对应关系，比如空气质量属性与传感器硬件，滤芯使用时长属性与滤芯硬件等，定位硬件故障。

基于概率链路回溯的异常原因定位方法：根据用户行为习惯建立概率图模型，通过外部概率与内部概率对异常状态进行回溯，分析回溯链中每个事件对异常属性的影响，找到最有可能导致异常的人为操作、时间或环境原因。



实验结果

建模实验：以加湿器和空气净化器为实验设备，本文方法能够有效地为设备建立层次化自动机模型。



异常情况	特征	相似度	检测异常	定位原因
滤芯异常	超出状态边界		是	滤芯异常
传感器异常	取值	0.18	是	传感器异常
	斜率绝对值	0.24		
堵住进风口	取值	0.21	是	环境因素
	斜率绝对值	0.34		
正常运行	取值	0.63	否	
	斜率绝对值	0.71		

异常检测&定位实验：异常注入后对异常检测与定位方法进行测试，能够得到准确的检测与定位结果。

