



大连理工大学

信息检索研究室

*Information Retrieval Laboratory of DUT*

# Deep learning and its applications to machine health monitoring

2020年12月11日

- 利用深度学习进行机器运行状况监测
- 用于检测故障、根据条件预测剩余使用寿命
- 传统机器学习数据驱动机器检测流程：
  - ◆ 手工设计特征
  - ◆ 特征提取、选择(困难)
  - ◆ 模型选择、训练

- 利用深度学习模型自动提取特征
- 利用深度学习模型进行端到端训练
- 深度学习方法：
  - ◆ 自动编码器(AE)及其变体
  - ◆ 限制玻尔兹曼机(RBM)及其变种
  - ◆ 卷积神经网络(CNN)
  - ◆ 循环神经网络(RNN)

- **AE模型：encoder+decoder，无监督训练**
- **目标函数：最小化均方误差**

$$\min_{\theta} \frac{1}{N} \sum_i^N \|\mathbf{x}_i - f_{\theta}(\mathbf{x}_i)\|_2^2$$

## ● 添加稀疏性规约(sparsity)

- ◆ 防止学习到的变化变成恒等变换
- ◆ 规范化自编码器

## ● 目标函数

$$\min_{\theta} \frac{1}{N} \sum_i^N \|\mathbf{x}_i - f_{\theta}(\mathbf{x}_i)\|_2^2 + \beta \sum_j^m KL(p||p_j)$$

# 自动编码器(AE)变体



大连理工大学  
信息检索研究室



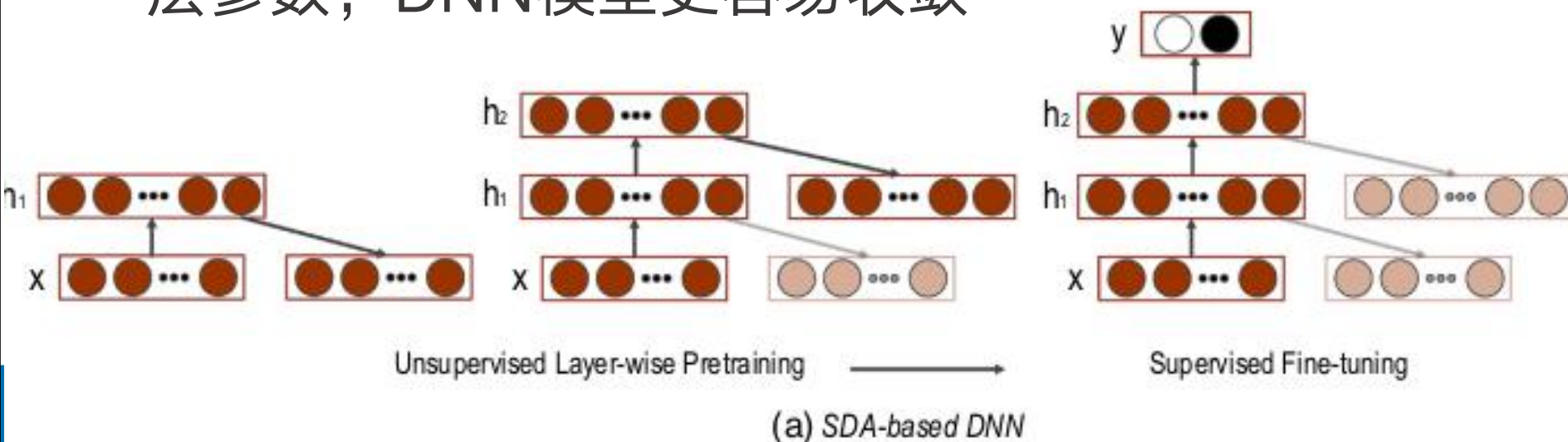
Information Retrieval Laboratory of DUT

## ● 去噪自动编码器

◆ 防止学习到的变化变成恒等变换

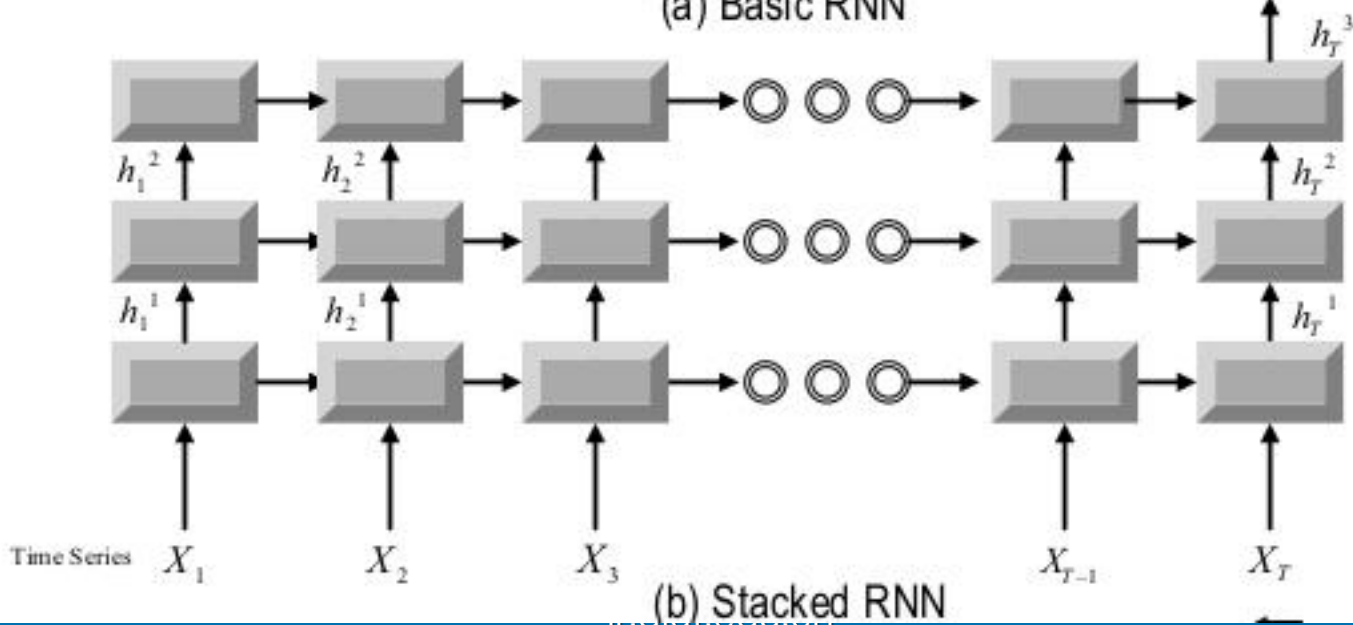
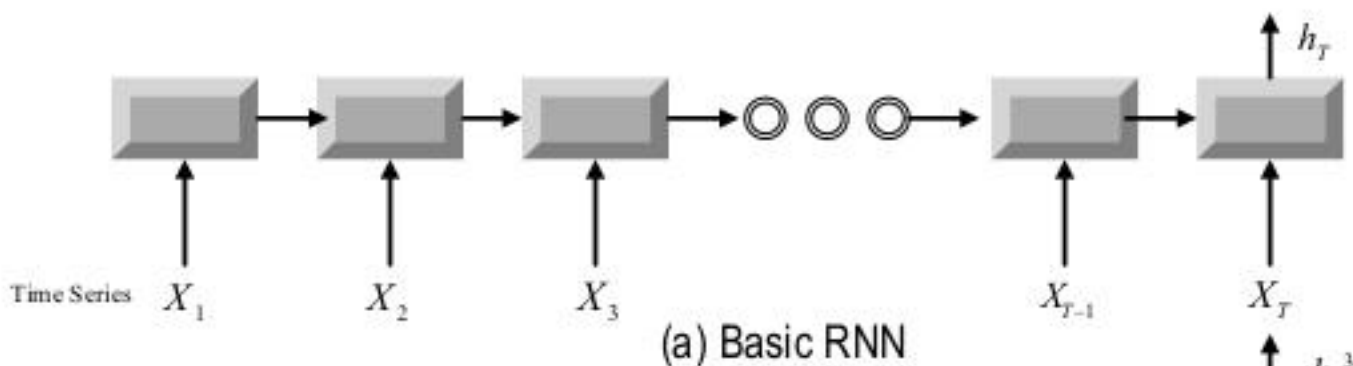
## ● 使用堆叠结构

◆ 利用去噪自动编码器训练后的参数初始化DNN隐层参数，DNN模型更容易收敛



- **RBM: 受限玻尔兹曼机, 两层神经网络**
- **DBN: 深度信念网络, 多个RBMstacking**
- **DBM: 深玻尔兹曼机, 完全无向**

## ● RNN基本框架、多层框架





## ● 双向RNN框架(Bi-RNN)

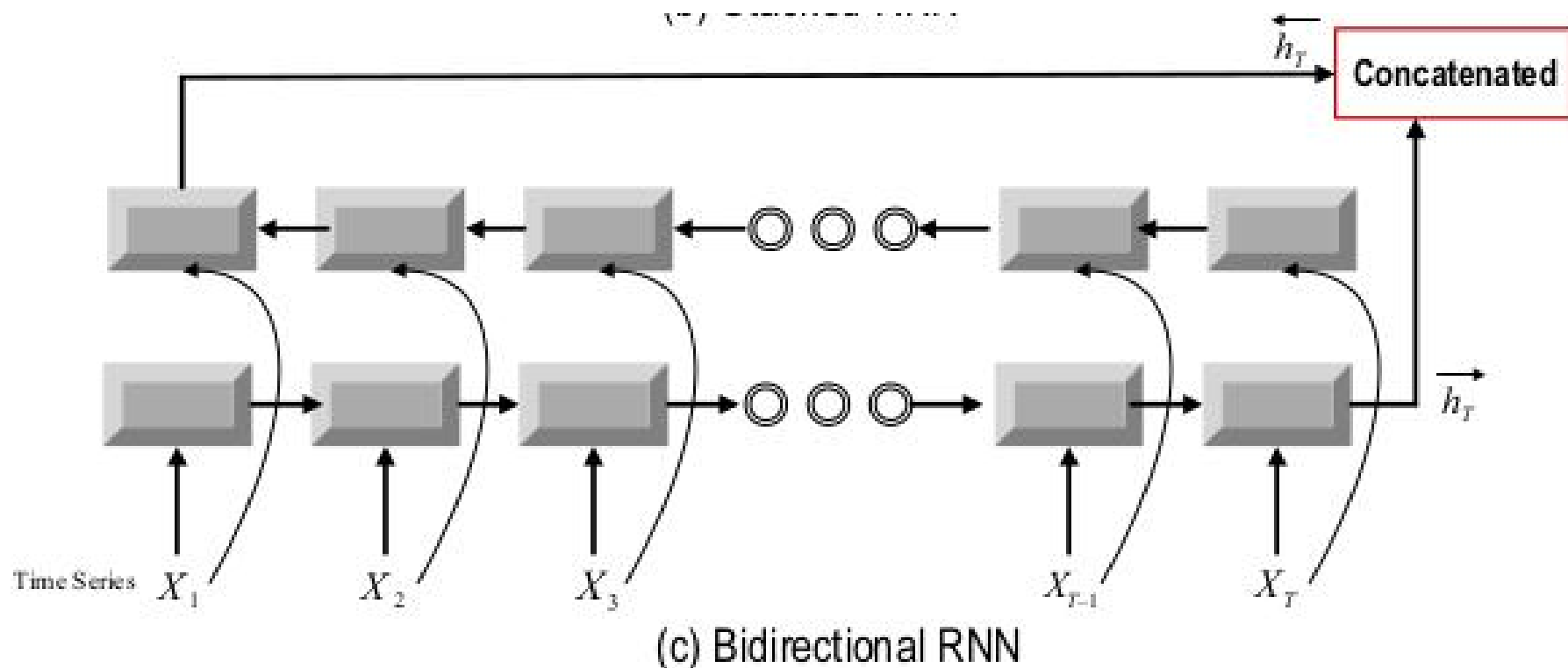
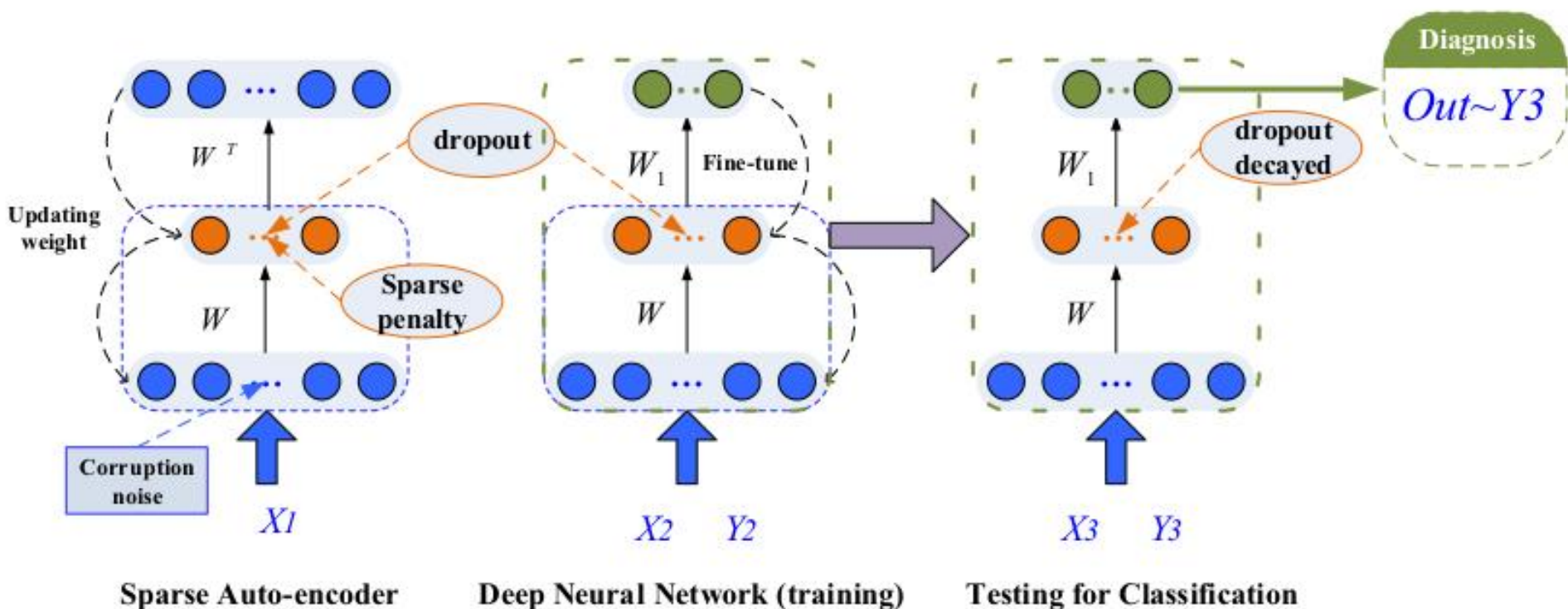


Fig. 5. Illustrations of normal RNN, stacked RNN and bidirectional RNN.

## ● 基于一层AE模型对感应电机故障进行分类

### ◆ 防止过拟合，一层+dropout



## ● 三隐层叠加降噪自编码器

- ◆ 针对旋转机械部件故障诊断

- ◆ 研究SDA中深度架构、稀疏约束和去噪的有效性

## ● 基于SAE的两层DNN的不同结构

- ◆ 考虑不同的隐层大小和掩蔽概率

## ● 使用AE模型解决参数量过大的问题

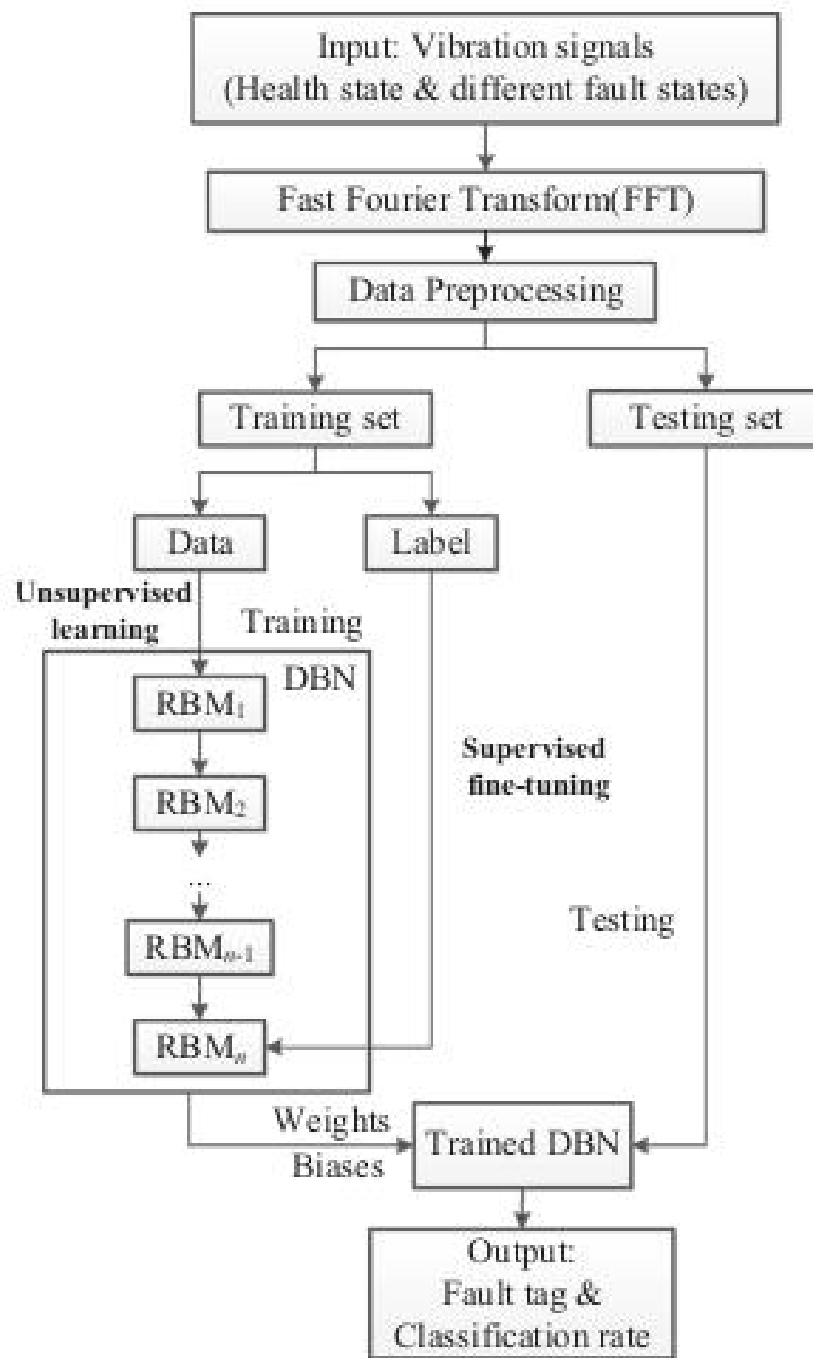
- 基于SAE的DNN用于液压泵故障诊断
- 将声信号的STFT生成的归一化谱图送入基于SAE的两层DNN中进行滚动轴承故障诊断
- 基于SAE的两层DNN(潮汐轮机振动故障诊断)
- 将主成分分析提取的数据的主成分作为输入的基于SAE的DNN用于航天器故障诊断

- 基于SAE的DNN中用于空压机的故障诊断
- 利用SAE从多个传感器学习对原始时间序列数据表示，用于飞行数据中的异常检测和故障消歧
- 一种新的连续稀疏自编码器(CSAE)作为变压器故障识别的无监督特征学习
- 基于RBM的轴承剩余使用寿命(RUL)预测方法

## ●用于齿轮箱故障诊断的多模态深度支持向量分类方法(multimodal)

- ◆从振动信号中提取时间、频率和时频三种形态特征
- ◆应用三种高斯-伯努利深度玻耳兹曼机(GDBMS)来解决上述三种模式
- ◆使用FFT获取原数据的频域特征

## ● 模型流程图



## ● 利用对信号的处理获取特征

- ◆ 时域：时间序列信号，偏态和峰度也被提取作为输入特征（平稳信号）
- ◆ 频域：由于周期脉冲的存在，其主频率成分具有很强的分辨力和分辨力。FFT可以应用于时域振动的变换信号变成频域信号。（平稳信号）
- ◆ 时域-频域：短时傅里叶变换，波状变换/分解和单纯模型分解(EMD)。（非平稳信号）



# 谢谢！ 请多提意见！



大连理工大学  
信息检索研究室



Information Retrieval Laboratory of DLUT



大连理工大学

## 信息检索研究室

搜人搜物搜信息 重情重义重认知

<http://ir.dlut.edu.cn>