



毕设答辩

# 光伏面板积灰预测模型设计

---

——汇报人：滕轩之      汇报时间：2024. 6. 6 ——

# 目录

01

## 光伏建模

Photovoltaic modeling

02

## 积灰仿真模拟

Ash accumulation simulation

03

## 灰尘检测模型比对

Dust detection model comparison

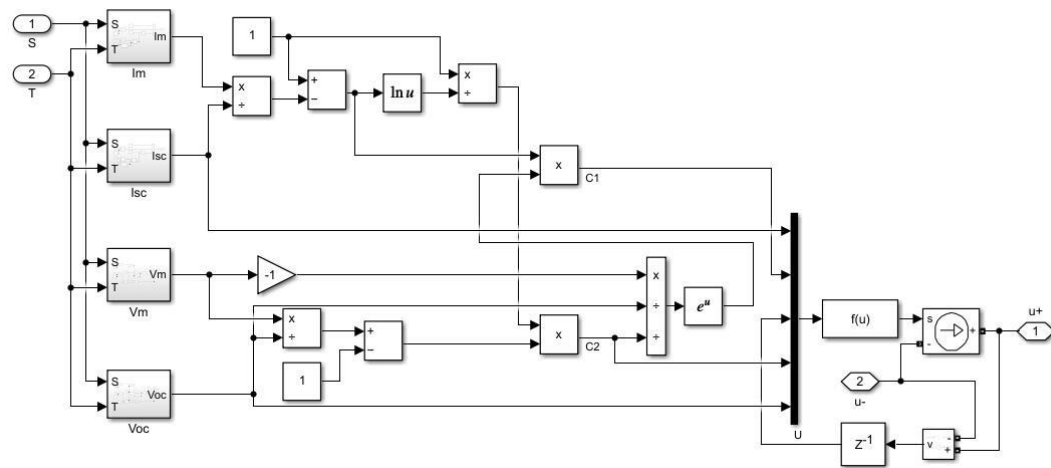
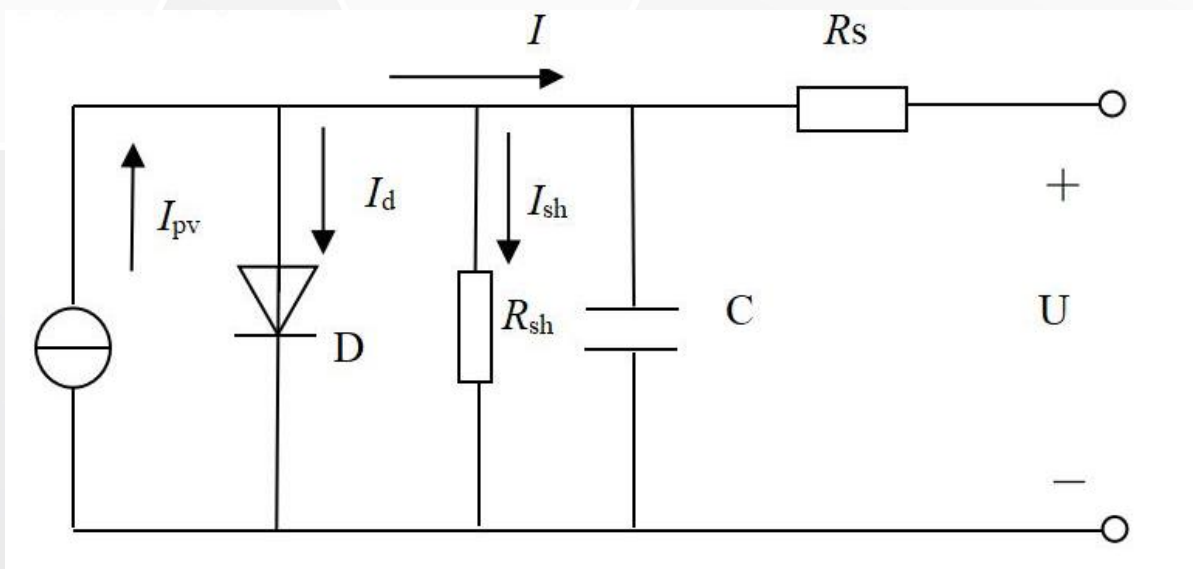
PART TWO

# 第一章

# 光伏建模

## 光伏建模

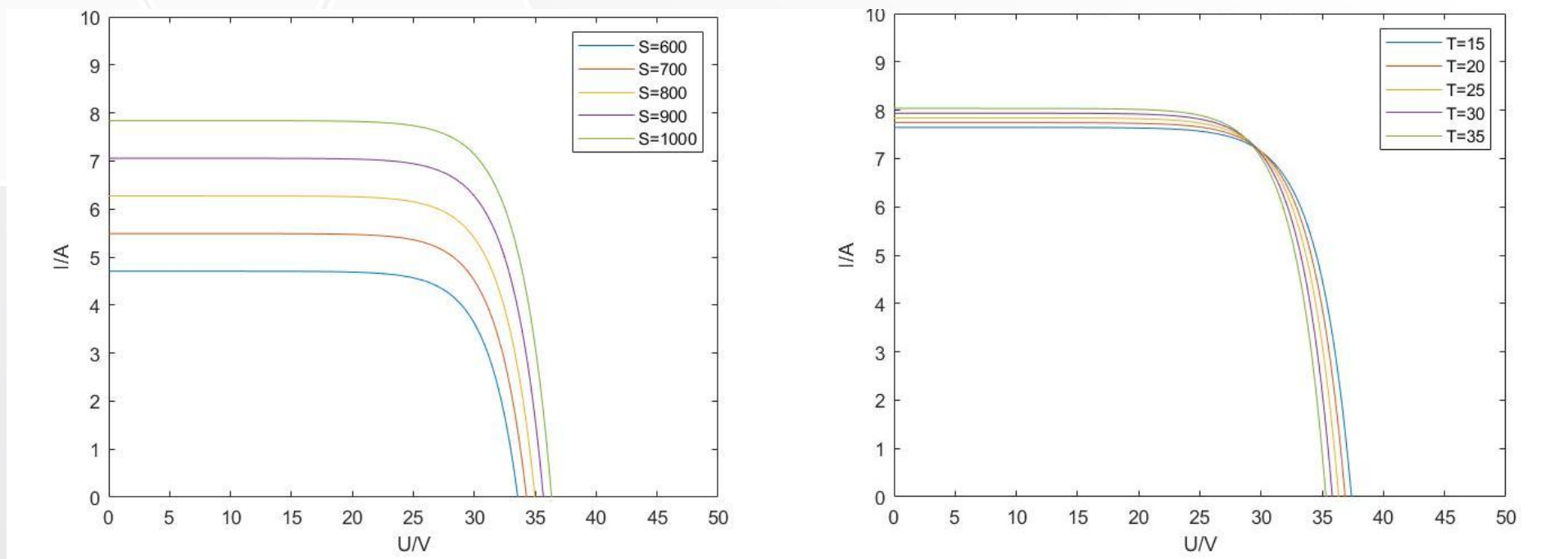
本课题首先根据光伏电池的**单二极管模型**在MATLAB-Simulink中建立光伏电池仿真模型。光伏电池等效电路和建模如下所示：



建立的模型以**温度和光照强度**作为输入，输出不同运行条件下的工作电压及电流。

## 光伏建模

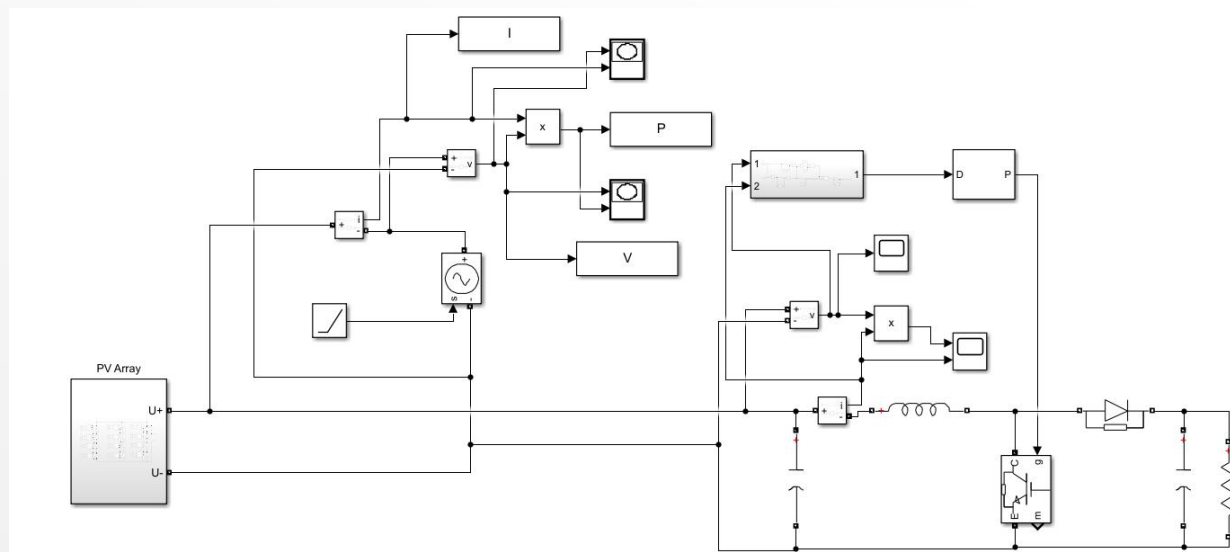
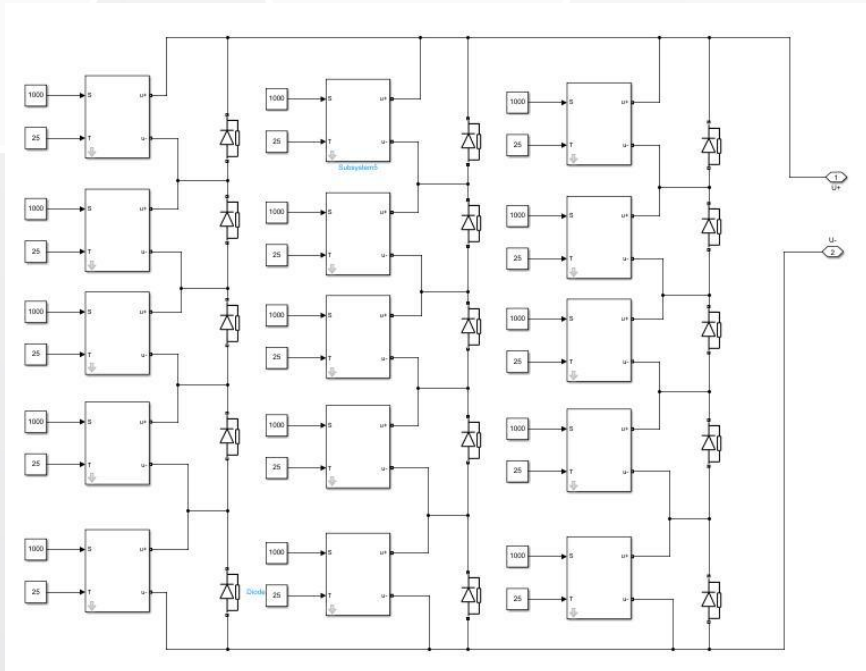
分别改变输入的光照强度和温度，得到单个光伏电池的  
**IV、PV特性曲线图**。



这显示光伏电池受光照强度影响较大，而温度的小幅度变化对其影响可以**忽略不计**。为我们研究光伏面板的积灰减少了干扰变量。

## 光伏建模

将建立好的单个光伏电池模型封装，构建 $3\times 5$ 的串并联  
**光伏阵列模型**，结合外围的测量电路和MPPT控制电路  
形成完整的**光伏阵列发电模型**。



接下来模拟不同积灰情况下输出的特性曲线图，寻找能够分辨不同情形的特征参数。

PART TWO

## 第二章

# 积灰仿真模拟



## 光伏建模

将积灰情形分为以下三大类：

- (1) 不同程度的均匀积灰
- (2) 鸟粪、树叶等不均匀小范围积灰
- (3) 风沙类不均匀大范围积灰

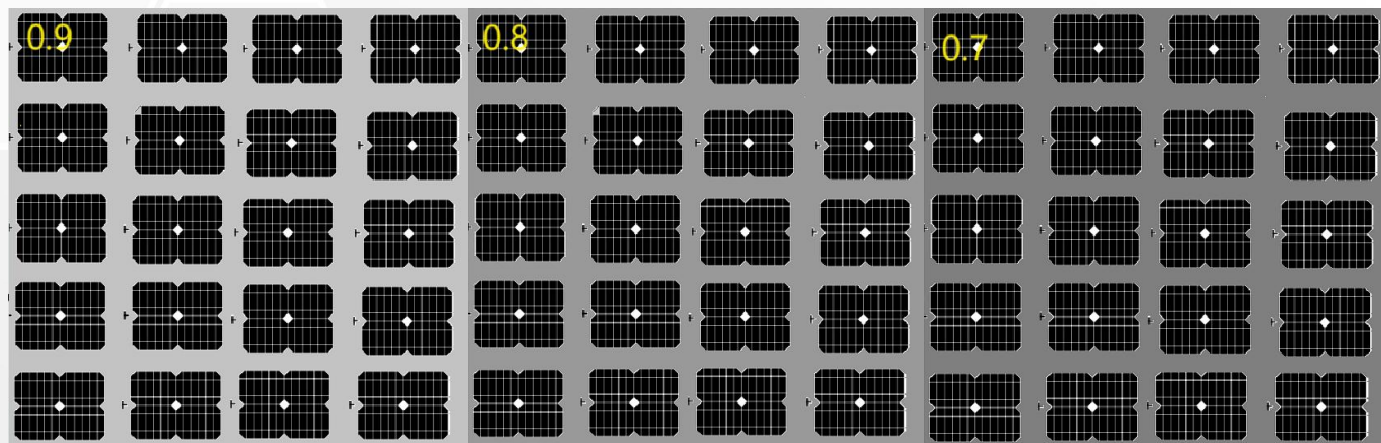
如下所示



在MATLAB-Simulink中通过改变输入光照强度对其进行仿真模拟。



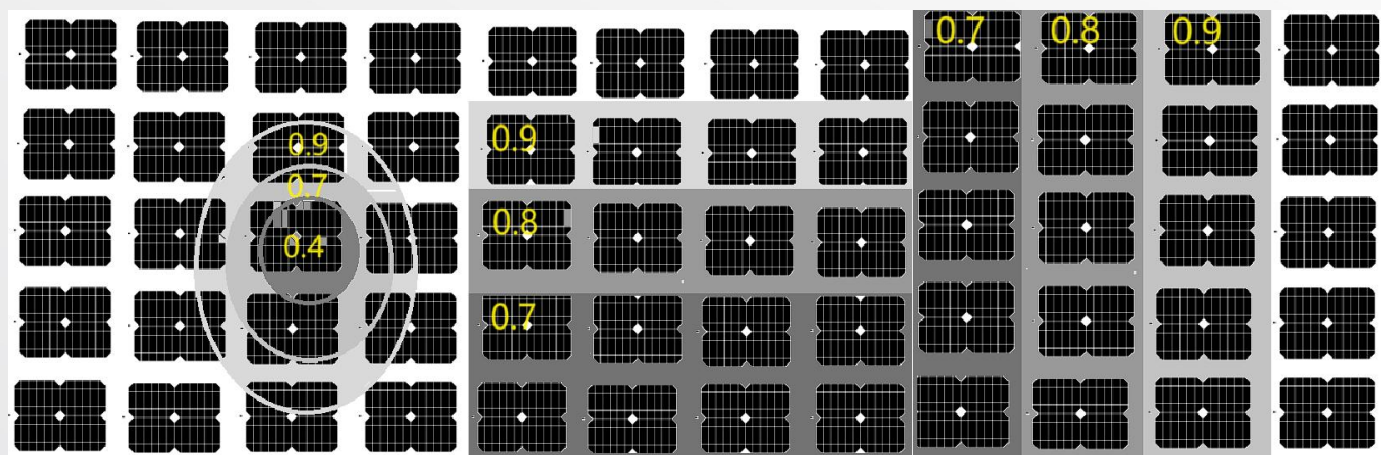
不同积灰仿真模拟示意图如下所示：



(a)

(b)

(c)



(d)

(e)

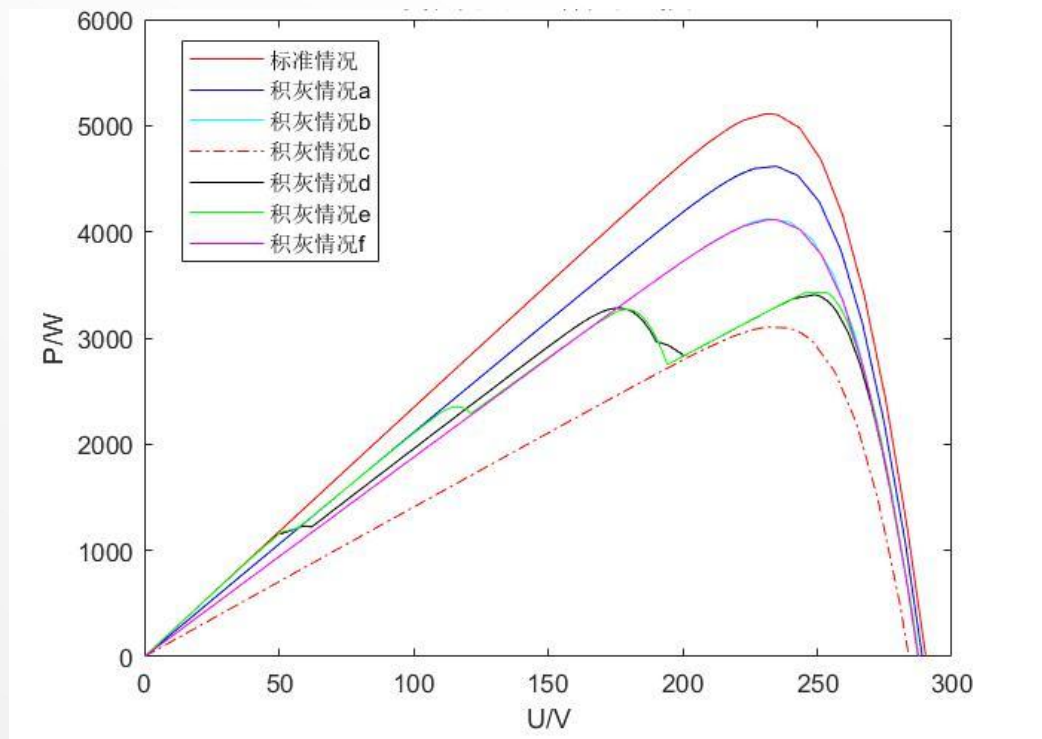
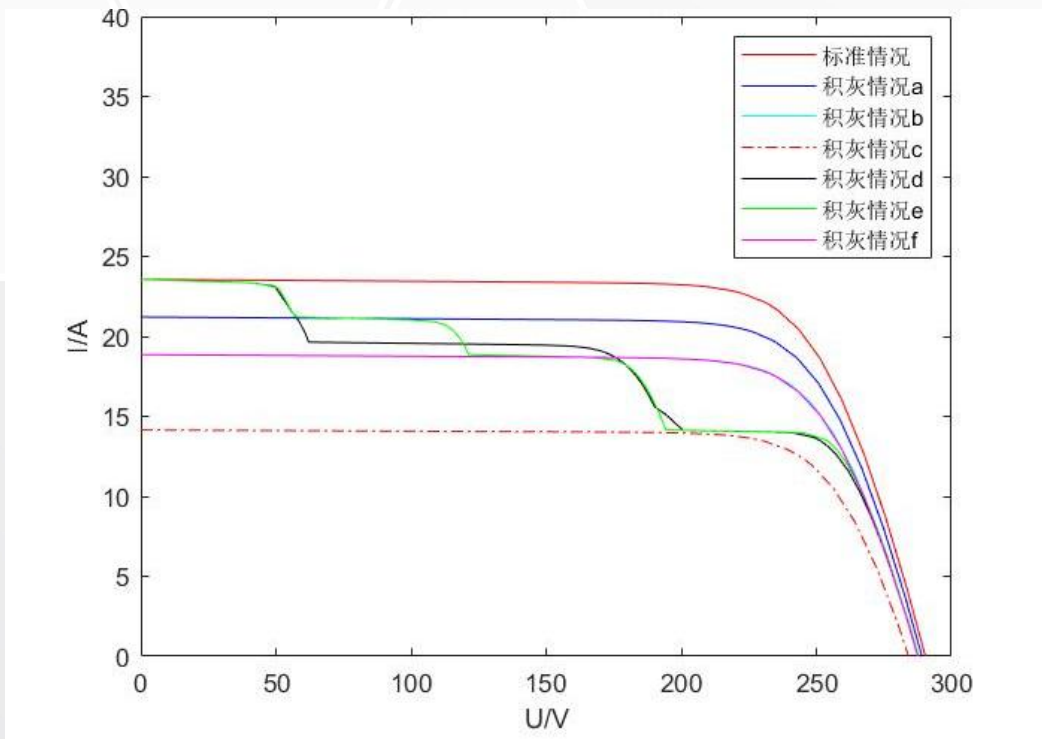
(f)

a~c: 均匀积灰  
的不同程度

d: 鸟粪、树叶  
等不均匀小范  
围积灰

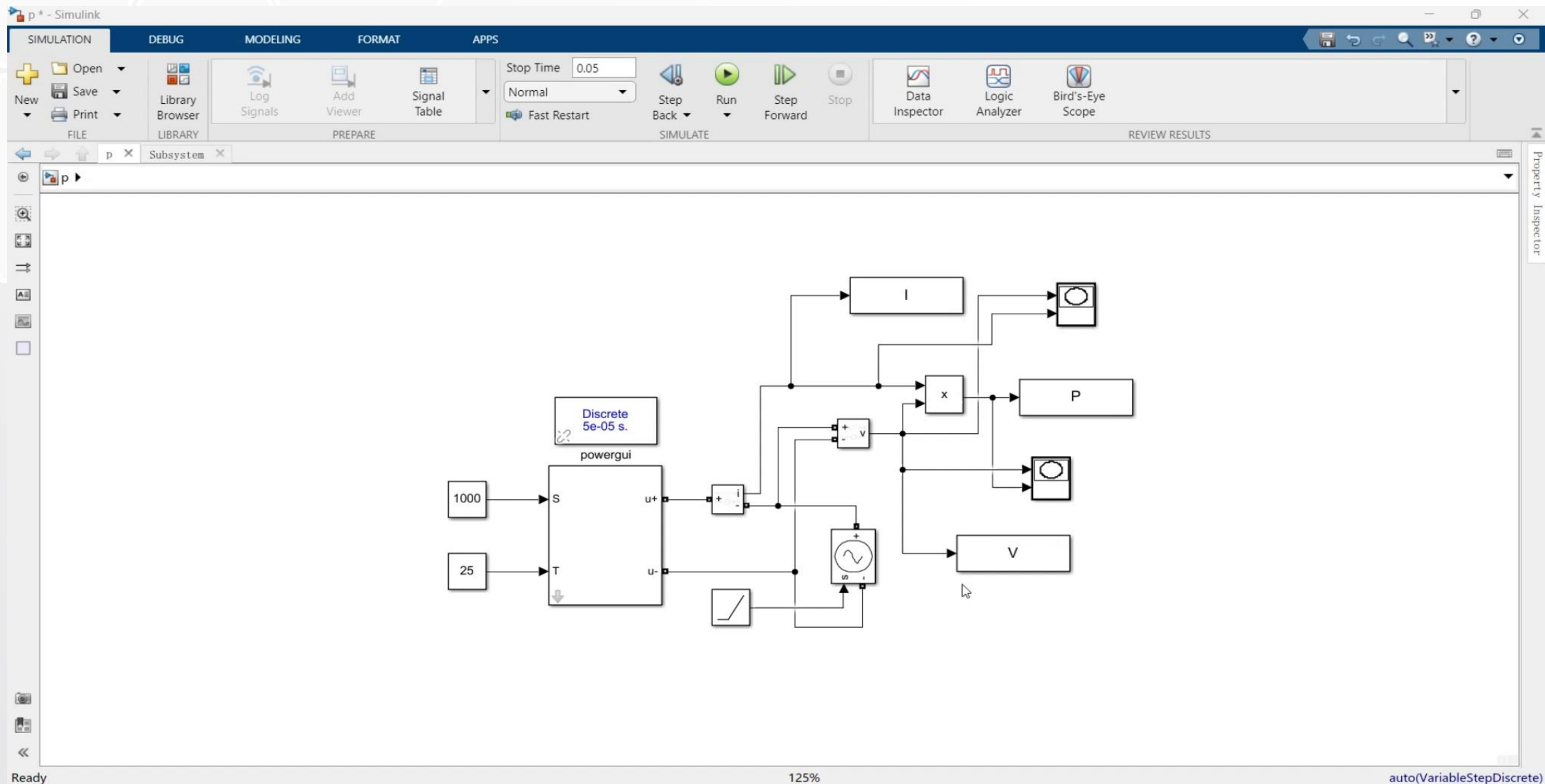
e、f: 不同方  
向的风沙类不  
均匀大范围积  
灰

## 输出IV、PV特性对比图



对比发现，在不同积灰情形下特性曲线中的短路电流 $I_{sc}$ 、最大功率点处的电压 $U_{max}$ 和电流 $I_{max}$ 、曲线拐点数量 $N$ 发生了显著变化，因此确定他们为特征参数。

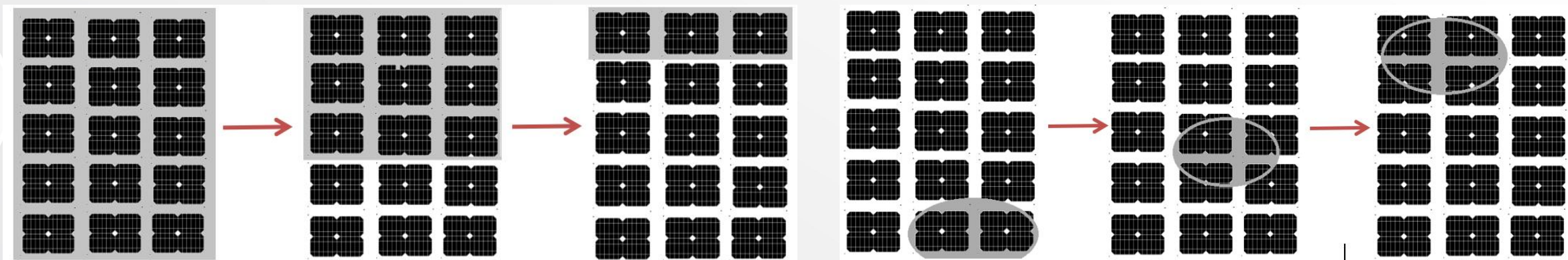
# 仿真模拟展示



## 光伏建模

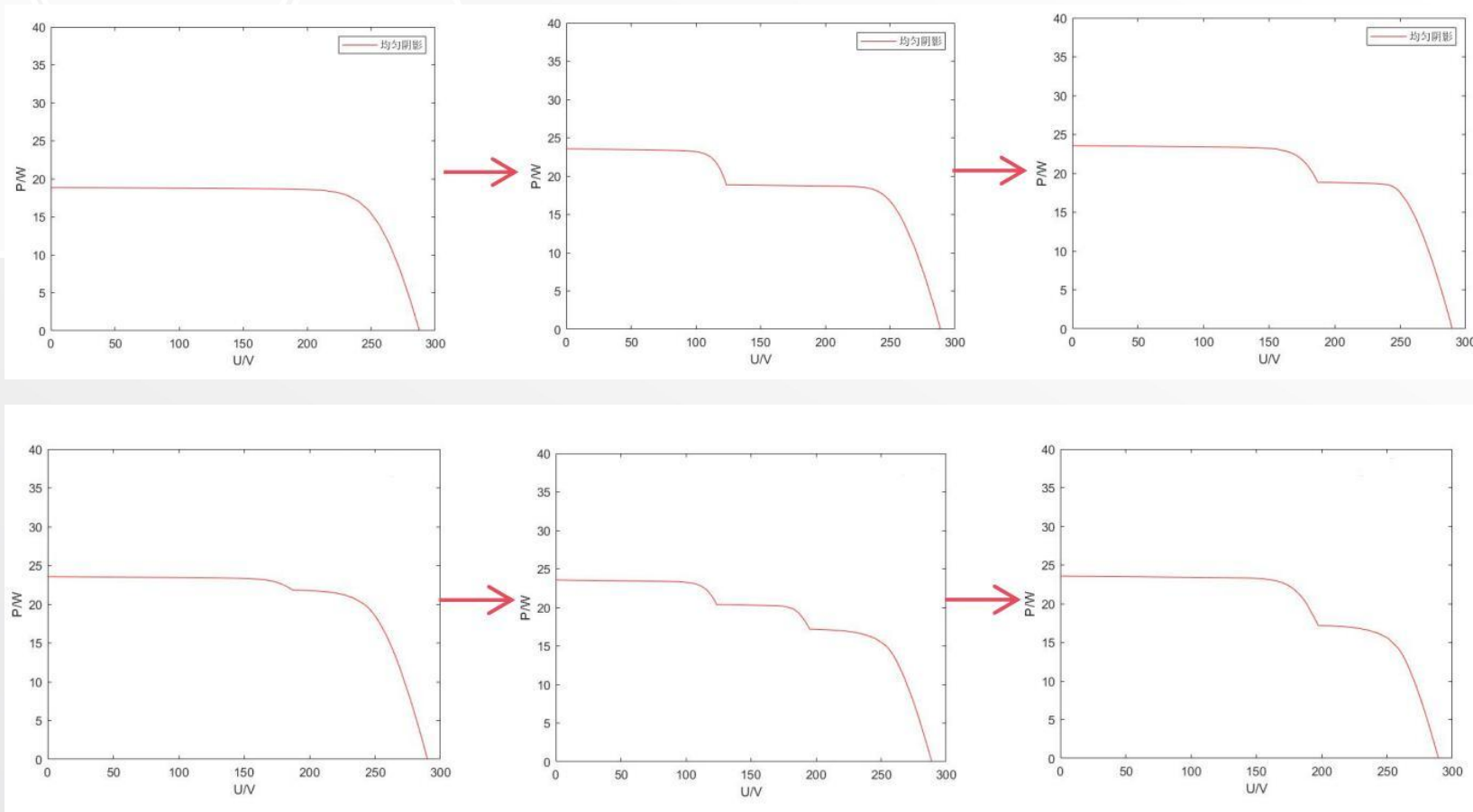
同时为了防止将阴雨天、早傍晚的光照强度削弱误判为灰尘积累，将特征参数中加入现实**光照强度 $G$** ，有效避免天气原因导致的误判。

而来自建筑物、云层的阴影同样可能会导致灰尘的误判。研究发现，在光伏面板上的投影位置是随时间变化的，这使得光伏阵列的**输出曲线也是变化**的，仿真验证如下所示



阴影移动示意图

## 特性曲线变化如下所示



可以发现拐点的数量和位置在投影移动的过程中发生了非常明显的改变，而真正的积灰并不会在短时间改变。因此根据拐点数量是否改变分辨积灰和阴影遮挡



综上，我们确定了用以分辨不同积灰类型和阴影遮挡的五种特征参数，分别是：短路电流 $I_{sc}$ 、最大功率点处的电压 $U_{max}$ 和电流 $I_{max}$ 、曲线拐点数量 $N$ 以及光照强度 $G$

PART TWO

## 第三章

# 灰尘检测模型比对





### 主要思想

根据上文选取的五种参数，建立光伏面板灰尘检测模型，分别通过**BP神经网络**和**LSTM神经网络**，做到区分不同程度均匀积灰，鸟粪、树叶等小范围不均匀积灰、风沙情况下不均匀积灰几种情况，对比采用效果最好的检测模型。

# 数据集介绍

本数据集采集自美国弗洛里达州家庭光伏面板输出，正午12:00至12:59区间，采取间隔随机采样，减少由于光照强度变化发生误判情况。共1471组数据，其中正常积灰情况339组，40%到60%程度积灰174组，60%到80%程度积灰189组，80%程度及以上积灰238组数据，鸟粪、树叶等小范围不均匀积灰171组，风沙情况下不均匀积灰248组数据。阴影遮挡107组数据，数据包含晴天和阴雨天数据，含有光照强度数据。

其中随机抽取1100组数据作为训练样本集，剩下371组作为验证样本集

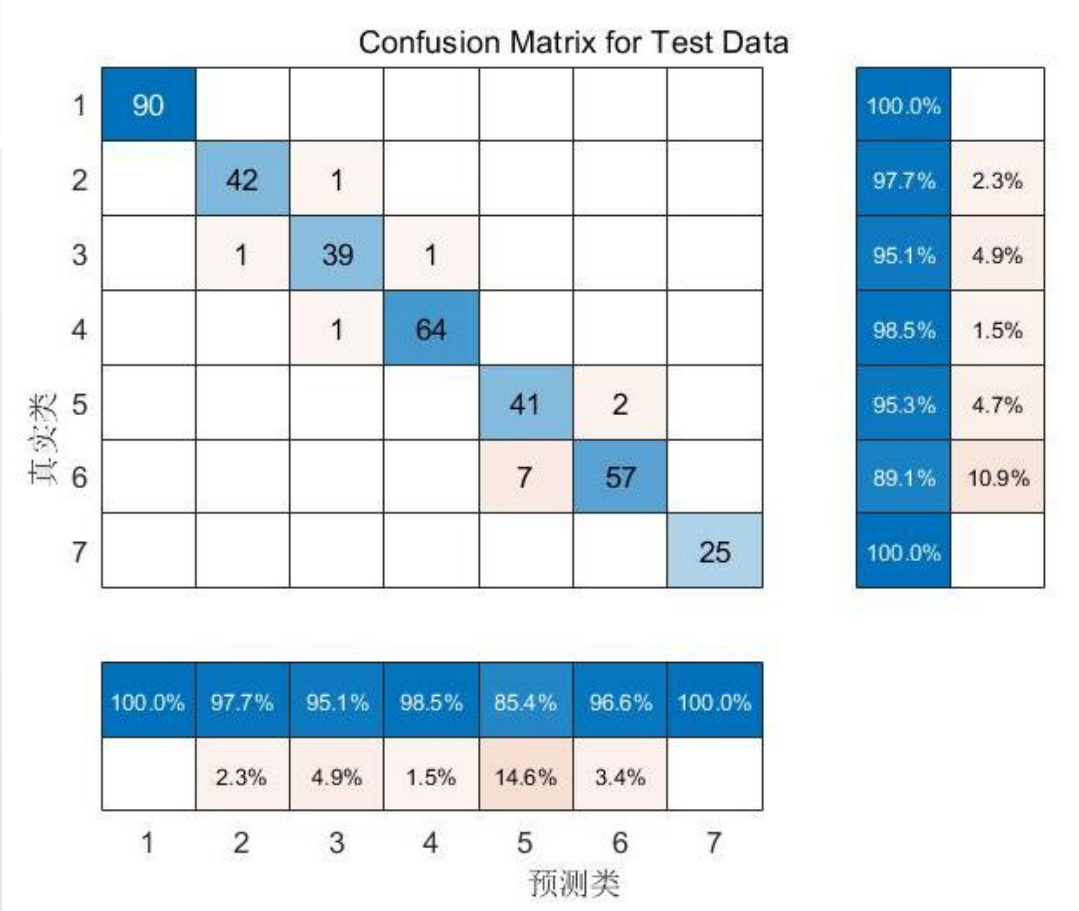
# 基于LSTM神经网络的光伏面板灰尘检测模型

网络参数设置如下图所示：

```
options = trainingOptions('adam', ...           % Adam 梯度下降算法
    'MiniBatchSize', 500, ...
    'MaxEpochs', 500, ...                       % 最大迭代次数
    'InitialLearnRate', 0.01, ...                % 初始学习率
    'LearnRateSchedule', 'piecewise', ...        % 学习率下降
    'LearnRateDropFactor', 0.1, ...              % 学习率下降因子
    'LearnRateDropPeriod', 375, ...              % 经过 750 次训练后 学习率为 0.01 * 0.1
    'Shuffle', 'every-epoch', ...               % 每次训练打乱数据集
    'ValidationPatience', Inf, ...               % 关闭验证
    'Plots', 'training-progress', ...            % 画出曲线
    'Verbose', false);
```

# 基于LSTM神经网络的光伏面板灰尘检测模型

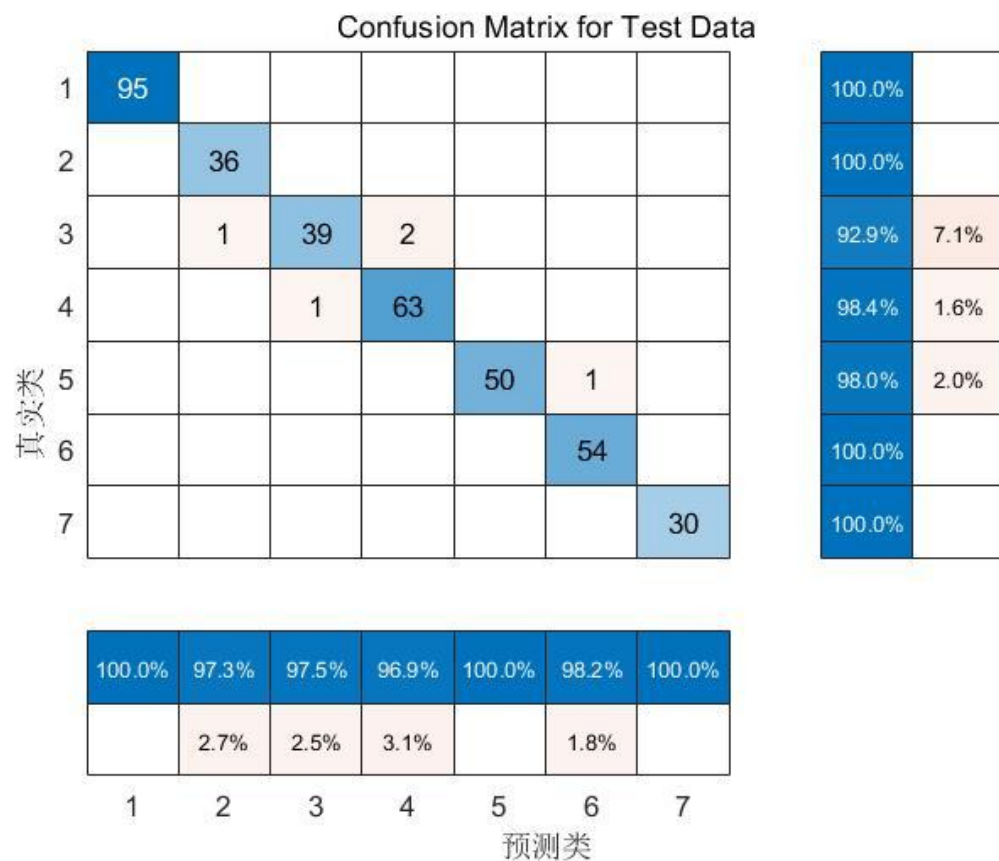
训练完成后模型混淆矩阵图：



观察可以发现对风沙类不均匀积灰识别能力较差，仅有89.1%，其他的积灰类型识别准确率在97%上下，能够准确识别正常类型和阴影遮挡。

## 基于BP神经网络的光伏面板灰尘检测模型

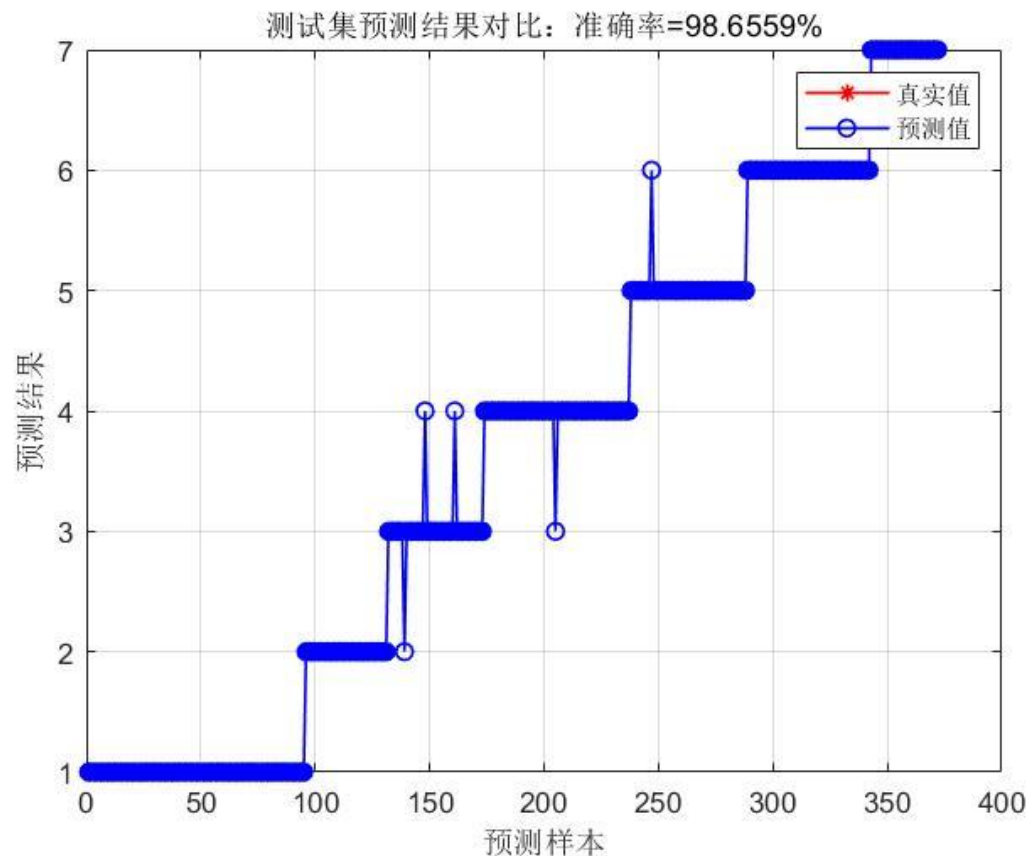
训练完成后模型混淆矩阵图：



观察可以发现对所有类型积灰情形判断情况都较为准确，只在不同程度的均匀积灰之间存在一些误判，但误判是在允许范围之类，对清洗成本不会造成很大的影响。

# 基于BP神经网络的光伏面板灰尘检测模型

对训练结果反归一化后输出预判准确率：



模型准确率高达**98.6%**

## 灰尘检测模型比对

对模型进行对比发现，LSTM还是BP神经网络模型在对于灰尘预测都显示出了较为优异的性能，LSTM神经网络综合识别准确率达到了96.5%，而BP神经网络则达到了98.6%。

但比较来看，BP神经网络模型表现出了更加突出的优势，不存在某种积灰类型的显著识别错误，同时预测迭代时间与LSTM网络相比更为简短。

但是综合来看，BP神经网络多次预测结果并不稳定，其性能常有波动，准确率也尚有提升的空间，因此引入基于遗传算法优化的BP神经网络对其进行修正。



# 基于遗传算法优化的BP神经网络算法改进

该算法将遗传算法与BP神经网络相结合可以用来提升BP神经网络的网络精准度和稳定性，**优化神经网络的阈值和权重**，从而提高数据分类和预测的准确性。遗传算法是以自然界生物演化为逻辑基础的算法，包含了**选择、交叉、变异**三个主要步骤，分别对应算法中的三个算子。

模型的参数设置如下所示：

### %% 设置参数

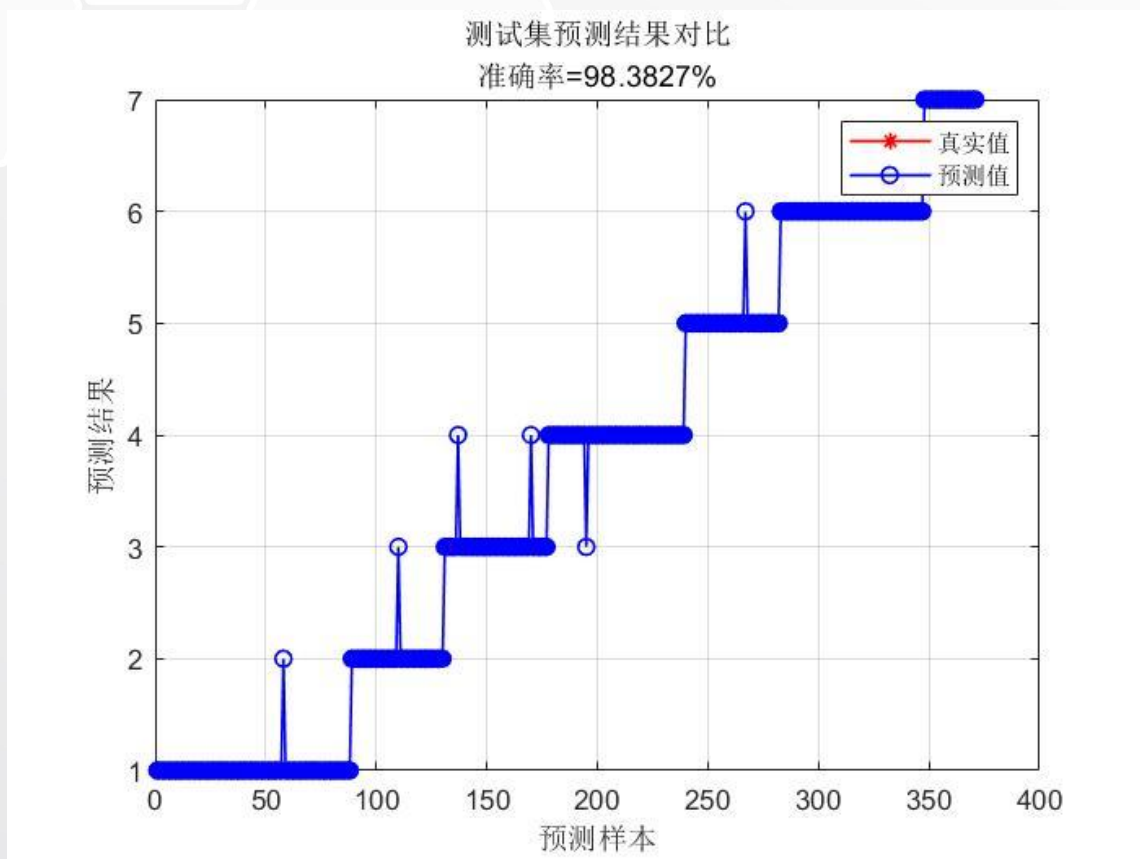
```
net.trainParam.epochs = 1000;    % 最大迭代次数
net.trainParam.goal    = 1e-6;    % 设置误差阈值
net.trainParam.lr      = 0.01;    % 学习率
```

### %% 设置优化参数

```
gen = 50;                        % 遗传代数
pop_num = 5;                     % 种群规模
S = size(p_train, 1) * S1 + S1 * size(t_train, 1) + S1 + size(t_train, 1);
                                % 优化参数个数
bounds = ones(S, 1) * [-1, 1]; % 优化变量边界
```

# 基于遗传算法优化的BP神经网络算法改进

对该模型进行训练和测试，发现其测试集预测结果准确度达到**98.4%**



同时，对该模型分别进行十次相同数据集的测试集识别，检测准确率能够稳定在**98%以上**，有着单BP网络难以达到的稳定性。BP神经网络有时能达到99%，有时却只能达到89%，这源于其初始权重和阈值确定的**随机性**，导致每次训练识别成果并不能做到全局最优，很容易陷入到局部最小化的情况。

# 总结

本课题通过引入**基于遗传算法优化的BP模型**，成功搭建了光伏面板积灰预测模型。该算法改善其内部阈值和判断权重，使得BP神经网络能够更快地收敛到全局最小点，多次预测结果准确率稳定在**98%以上**。同时引入的**五种特征参数**能够快捷方便的辨别不同积灰情形和阴影遮挡，成功减少了误判情况，具有创新意义和工程价值。



毕设汇报

请老师批评指正

---