import numpy as np  
import math as mt  
import pandas as pd  
import matplotlib.pyplot as plt  
  
# 原始数据  
X0 = [0.24, 0.52, 0.71, 0.82, 1.28, 1.76, 7.5, 33.1, 50.7, 77.7, 125.6, 120.6]  
  
# 累加数列  
X1 = [X0[0]]  
add = X0[0] + X0[1]  
X1.append(add)  
for i in range(2, len(X0)):  
 add += X0[i]  
 X1.append(add)  
  
# 紧邻均值序列  
Z = [(X1[j] + X1[j - 1]) / 2 for j in range(1, len(X1))]  
  
# 最小二乘法计算  
Y = X0[1:]  
Y = np.mat(Y).reshape(-1, 1)  
B = -np.mat(Z).reshape(-1, 1)  
c = np.ones((len(B), 1))  
B = np.hstack((B, c))  
alpha = np.linalg.inv(B.T.dot(B)).dot(B.T).dot(Y)  
a = alpha[0, 0]  
b = alpha[1, 0]  
  
# 生成预测模型  
GM = [X0[0]]  
did = b / a  
for k in range(1, len(X0)):  
 GM.append((X0[0] - did) \* np.exp(-a \* k) + did)  
  
# 做差得到预测序列  
G = [X0[0]]  
for g in range(1, len(X0) - 1):  
 G.append(GM[g] - GM[g - 1])  
  
print("历史数据预测数列为：", G)  
  
# 对未来十年进行预测  
future\_years = 10 # 未来十年  
future\_predictions = [] # 存储未来预测结果的列表  
last\_value = GM[-1] # 上一个预测值  
for \_ in range(future\_years):  
 next\_value = (X0[0] - did) \* np.exp(-a \* (len(GM))) + did # 使用指数模型进行预测  
 future\_predictions.append(next\_value) # 将预测值添加到列表中  
 GM.append(next\_value) # 将预测值添加到预测模型中  
 last\_value = next\_value # 更新上一个预测值为当前预测值  
 print("未来{}年的预测值为：".format(\_+1), next\_value) # 打印每年的预测值  
  
print("未来十年的预测数列为：", future\_predictions)  
  
# 修改绘图部分代码，绘制历史数据和未来预测数据  
plt.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei']  
plt.rcParams['axes.unicode\_minus'] = False  
plt.plot(range(len(X0)), X0, color='r', linestyle="--", label='true') # 历史数据曲线（红线）  
plt.plot(range(len(G)), G, color='b', linestyle="--", label="predict") # 历史数据预测曲线（蓝线）  
plt.plot(range(len(X0), len(X0) + future\_years), future\_predictions, color='g', linestyle="-",  
 label="future predict") # 未来预测曲线（绿线）  
plt.legend() # 添加图例  
plt.show() # 显示图形