基于反距离加权插值的雨量预报方法的评价

【摘要】

题目中提到了一个雨量预报方法的评价问题。评价雨量预报方法的准确性对于农业生产、城市工作和生活都具有重要作用。该问题中的任务是建立数学模型来评价两种不同的6小时雨量预报方法的准确性，并且考虑如何在评价方法中考虑公众的感受。解决这个问题可以从统计指标方法、分类评价方法、空间评价方法和公众感受考虑等方面入手。最后需要综合考虑多个指标和因素，以得到全面和客观的评价结果。

针对问题一：建立数学模型根据已知的91个观测点实测降雨量信息，利用**反距离加权插值法**补全所有点的实际降雨量，在求解距离过程中，本文利用了**墨卡托投影法**将所给的观测点与预测点的经纬度转换成平面坐标中的点位信息，再利用欧几里得求距离公式求取距离。最后利用通过反距离加权插值补全所有点位实测降雨量信息。预测样降雨量与实际降雨量进行对比，求出两种方法各自得出的平均绝对误差值和平均相对误差值。再求解过程中，发现种异常情况，当求取相对误差时，存在真实值为0（分母为0），本文采用**拉普拉斯平滑值法**减小这种情况带来的影响。最终预测方法一在41天第4个时段的预测降雨量对比补全后的实测降雨量，求得**绝对误差均值**为16.710，**相对误差均**值为1.327，预测方法二的绝对误差均值为均值为16.730，相对误差均值为1.328。比较发现先预测方法一的两个误差值都小于预测方法二的，所以两种预测方法中准确性较高的一个为预测法一。

针对问题二：在评价方法中考虑公众的感受，首先将无雨，小雨，中雨等一共七种情况分别赋值，考虑到实际情况中有雨和无雨对公众生活的影响较大，所以在赋值时将无雨与小雨间的数值间距扩大。然后将实测数据和各预测数据都转化成定义的评级数值。为了进一步扩大预测时错误的情况突出，对实测数据与预测数据采用**均方根误差**法求出数值，数值越小表示误差越小，预测结果更优。预测法一的均方根误差值的均值为0.629615198，预测法二的均方根误差值的均值为0.627899889，故在模型二的情况下，预测方法一更为准确，贴合公众需求。

关键词：墨卡托投影法 反距离加权插值法 拉普拉斯平滑值法 相对误差

一、问题重述

1.1 引言

对任何行业来说，不管是农业生产还是城市生活雨量预报都发挥着重要的作用，但雨量预报如何更加准确、及时一直以来都是一个难题。现如今，随着科技的发展，出现了多种雨量预报方法，建立了各种观测站对实际雨量进行观测。我国气象台对两种雨量预测方法进行研究，本文中将研究如何选择更优的预测方法。

1.2 问题提出

根据题目要求和相应数据，研究以下几个问题：

1、建立用来评价两种 6 小时预报方法准确性的数学模型

2、若气象部分将以下分级（6 小时降雨量分为 6 等）向公众预报，如何在评价方法中考虑总公众的感受？

0.1—2.5 毫米为小雨、2.6—6 毫米为中雨、6.1—12 毫米为大雨、12.1—25 毫米为暴雨、25.1—60 毫米为大暴雨、大于 60.1 毫米为特大暴雨。

二、问题分析

本题主要对雨量预报的方法进行评价。针对问题一，需根据附件所给两种预测方法的预测数据结合观测点的实际数据进行误差分析，并对两种方法进行评价。针对问题二，分析气象部门 6 小时降雨量的等级划分是否合理，是否会影响大众对雨量的判断，若不合理给出相应的方案。

2.1 问题 1 分析

在问题一中需建立数学模型，并且结合附件中所给数据，对两种预报方法的准确度进行判断，设计具体的解决方法，需着重从以下几个方面进行分析：

① 为了计算预测点与观测点的距离，由于附件所给预测点和观测点的位置为经纬度，无法计算相隔距离，故需对所给的经纬度进行转换，转换成平面坐标，再根据几何关系，对两点之间的距离进行计算。

② 各预测点实际降水量计算，由于仅有 91 各观测点，且分布不均，故需根据预测点与各观测点的距离和实际降水量，对各预测点的实际降水量进行计算。

③ 准确性分析，根据预测点的预测数据和计算得出的实际数据，计算其绝对误差和相对误差平均值，并根据该平均值对两种预报方法进行评价。

结合以上几点，我们建立得出求解该问题的步骤，具体步骤流程图如下：

2.2 问题2分析

在问题二中，由于问题一求解出的方法一和方法二的预报方法都存在一定的误差，若直接根据两种方法预报的结果结合气象门划分的降雨量等级公布，则可能会对公众造成误导，解决该问题，需着重从以下几个方面进行分析：

① 自定义评级，根据气象门划分的降雨量等级，对每个等级降雨量都设定不同的评级数值，其中对于易出错的等级之间需增大其跨度。

② 预测方法准确性比较，根据各等级划分的评级数值，将各预测点的预测数据和实测数据进行转换，再将转换后的结果进行误差比对。

三、符号说明

符号	描述说明
x_k	k 号实测点的平面横坐标
y_k	k 号实测点的平面纵坐标
D_{dtijk}	第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 到实测点 k 的距离
λ_{ijk}	预测点 (i,j) 与实测点 k 位置之间的权重
S_{dtk}	第 d 天中第 t 个时间段实测点 k 的降水量
Z_{dtij}	第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的实际降水量
C_{dtij}	第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的预测降雨量
R_{ij}	预测点 (i,j) 的相对误差
$\overline{R}$	相对误差的均值
F	均方根误差值
x_{ij}	预测点 (i,j) 的平面横坐标值
y_{ij}	预测点 (i,j) 的平面纵坐标值

四、模型假设

1、假设观测点实测的雨量准确

2、假设经纬度数据准确

3、假设测量时间精准

五、模型建立与求解

本题对雨量的预报方法进行评价，根据附件所给数据，建立数学模型。针对问题一，建立数学模型，并根据附件中所给数据对两种预报方法进行评价。针对问题二，根据气象门向公众发布的分级进行评价。

5.1 问题 1 ：两种预报方法的评价

需根据附件所给预测点的预测数据，观测点的实际降雨量，预测点和观测点的经纬度等，分别对两种预报方法进行误差分析，再根据其误差对两种预报方法进行评价。

5.1.1 墨卡托投影

根据附件所给数据，为了方便后续对各站点间的距离进行计算，需将附件所给经纬度转换成平面坐标。墨卡托投影是将地球上的图形投影到圆柱面上，再将圆柱面进行展开，具体详见下文。

（1）投影公式

设$\left(x_i, y_i\right)$为观测点$\left(i, j\right)$的平面坐标，N_{ij}为观测点$\left(i, j\right)$的经度，T_{ij}为观测点$\left(i, j\right)$的纬度，a_{ij}为观测点$\left(i, j\right)$在球面上的弧度，R_E为地球半径，R_E=6378.137，具体的投影公式如下：

$$x_{ij} = \frac{N_{ij} \cdot \pi}{180} \cdot R_E$$

$$y_{ij} = \frac{R_E}{2} \cdot \log\left(\frac{1+\sin\left(a_{ij}\right)}{1-\sin\left(a_{ij}\right)}\right)$$

$$a_{ij} = \frac{T_{ij} \cdot \pi}{180}$$

（2）预测点和实测点平面位置矩阵

根据以上的投影公式，为了方便数据进行计算，编程求解预测点平面位置的x坐标的矩阵X，y坐标的矩阵Y，以及实测点平面位置的x坐标的矩阵X'，y坐标的矩阵Y'，以下为部分平面坐标，详细请见支撑材料 xpoint.xls、ypoint.xls、shice_xpoint.xls、shice_ypoint.xls。

其中X为53×47阶矩阵，Y为53×47阶矩阵，X'为91×1阶矩阵，Y'为91×1阶矩阵：

$$X=\begin{bmatrix}13024380.42 & 13046644.32 & \cdots & 13803616.86\\ 13024380.42 & 13046644.32 & \cdots & 13803616.86\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 13057776.27 & 13068908.22 & \cdots & 13903804.4\end{bmatrix}$$

$$Y=\begin{bmatrix}3248973.79 & 3248973.79 & \cdots & 3198635.903\\ 3261587.36 & 3261587.36 & \cdots & 3211203.034\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 4163881.14 & 4163881.14 & \cdots & 4109654.734\end{bmatrix}$$

$$X'=\begin{bmatrix}13529025.07\\ 13480790.34\\ \vdots\\ 13386168.77\\ 13553148.00\end{bmatrix}\quad Y'=\begin{bmatrix}3893087.527\\ 3935191.982\\ \vdots\\ 3465045.635\\ 3499270.157\end{bmatrix}$$

（3）预测点和实测点平面坐标可视化

根据以上计算出的各预测点和实测点的平面坐标图，利用 *Matlab* 将坐标进行可视化展示，具体如下图所示：

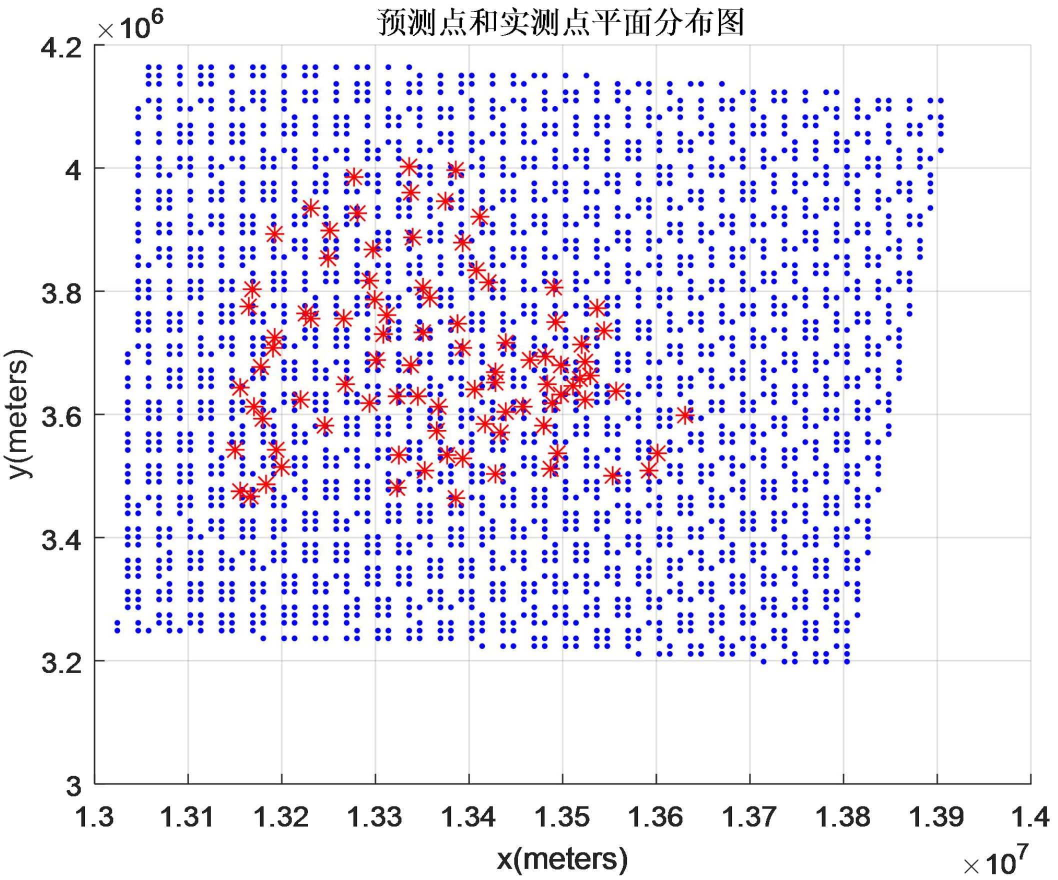

图 1：预测点和实测点分布图

5.1.2 反距离加权插值

由于仅有 91 个观测点，即每天每个时段仅有 91 个实测数据，为了得出各预测点的实测数据，需对数据使用反距离加权插值对各个预测点的实际降雨量进行计算。

（1）反距离加权插值公式

设 D_{dtijk} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 到实测点 k 的距离，x_{ij} 为预测点 (i,j) 的平面横坐标，y_{ij} 为预测点 (i,j) 的平面纵坐标，x_k 为实测点 k 的平面横坐标，y_k 为实测点 k 的平面纵坐标，则距离 D_{dtijk}：

$$D_{dtijk}=\sqrt{\left(x_{ij}-x_k\right)^2+\left(y_{ij}-y_k\right)^2}$$

设 λ_{ijk} 为预测点 (i,j) 与实测点 k 位置之间的权重，需确保权重之和为 1，则权重 λ_{ijk}

$$\lambda_{ijk}=\frac{\frac{1}{D_{dtijk}}}{\sum_{k=1}^{91}\frac{1}{D_{dtijk}}},\qquad \left(D_{dtijk}\neq 0\right)$$

其中 D_{dtijk} 不为 0，若 D_{dtijk} 为 0 则 λ_{ijk} 为 0

设 Z_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的实际降水量，S_{dtk} 为第 d 天中第 t 个时间段实测点 k 的降水量，则实际降水量 Z_{dtij}：

$$Z_{dtij}=\sum_{k=1}^{91}\lambda_{ijk}S_{dtk}$$

（2）预测点实际降水量矩阵

为了方便数据进行计算，根据以上的反距离加权插值公式，编程求解预测实际降水量，以下为 7 月 3 日第 1 阶段各预测点的实际降水量矩阵，详细请见支撑材料 preci.xls。

$$Z=\begin{bmatrix}0.046723915 & 0.047011528 & \cdots & 0.049857762\\ 0.046356625 & 0.046616526 & \cdots & 0.049754888\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 0.031595508 & 0.031349826 & \cdots & 0.04179248\end{bmatrix}$$

（3）预测点实际降水量可视化

根据以上计算出的 7 月 3 日第 1 阶段各预测点的实际降水量，利用 *Matlab* 将坐标进行可视化展示，具体如下图所示：

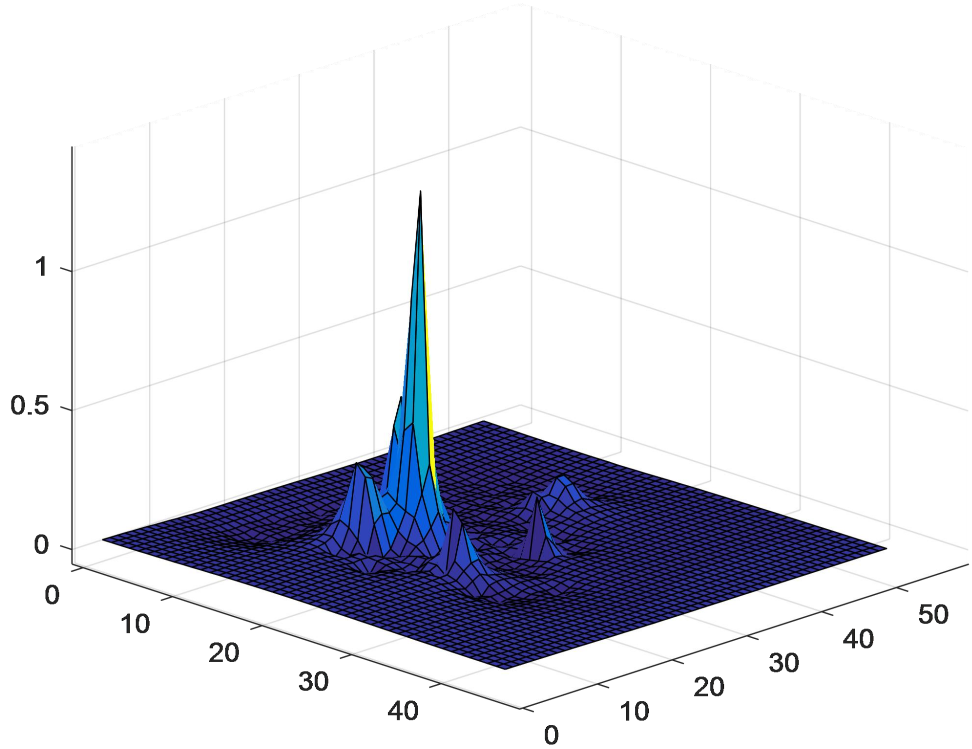

图 2：7 月 3 日第 1 阶段降水量图

5.1.3 误差计算

根据题目要求，需对两种 6 小时雨量预报方法的准确性进行评价，据此需分别对两种雨量预报方法的相对误差和绝对误差进行计算。

（1）绝对误差计算式子

设 E_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的绝对误差，C_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的预测降水量，Z_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的实际降水量，具体的绝对误差计算式子如下：

$$E_{dtij} = \left|C_{dtij} - Z_{dtij}\right|$$

设 $\overline{E}$ 为绝对误差的均值，则相对误差平均值计算式如下：

$$\overline{E} = \frac{\sum_{d=1}^{41}\sum_{t=1}^{4}\sum_{i=1}^{53}\sum_{j=1}^{47} E_{dtij}}{41*4*54*47}$$

（2）相对误差计算式子

设 R_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的相对误差，具体的相对误差计算式子如下：

$$R_{dtij} = \frac{\left|C_{dtij} - Z_{dtij}\right|}{Z_{dtij}}, \qquad \left(Z_{dtij} \neq 0\right)$$

其中 Z_{dtij} 不为 0，对于 0 的情况，需进行特殊处理，具体处理方法见下文

（3）。

设 $\overline{R}$ 为相对误差的均值，则相对误差平均值计算式如下：

$$\overline{R}=\frac{\sum_{d=1}^{41}\sum_{t=1}^{4}\sum_{i=1}^{53}\sum_{j=1}^{47}R_{dtij}}{41*4*54*47}$$

（3）特殊值处理

由于存在预测点与观测点重合的点，此时若观测点的实际降雨量值为 0，则预测点的实际降雨量也为 0，存在 个实际降雨量为 0 的点，因分母为 0，则需要对这些点进行如下特殊处理。

使用平滑值来处理相对误差真实值为 0 的情况，具体式子如下：

$$R_{dtij}=\frac{\left|C_{dtij}-Z_{dtij}\right|}{Z_{dtij}+\alpha}$$

其中 α 为平滑值，对平滑值的选取进行敏感性分析。对两种方法的平滑值数值从 $(0.00001,10)$ 之间进行调整计算其平均相对误差，并将两种方法的平均相对误差变化进行可视化展示，具体如下图所示：

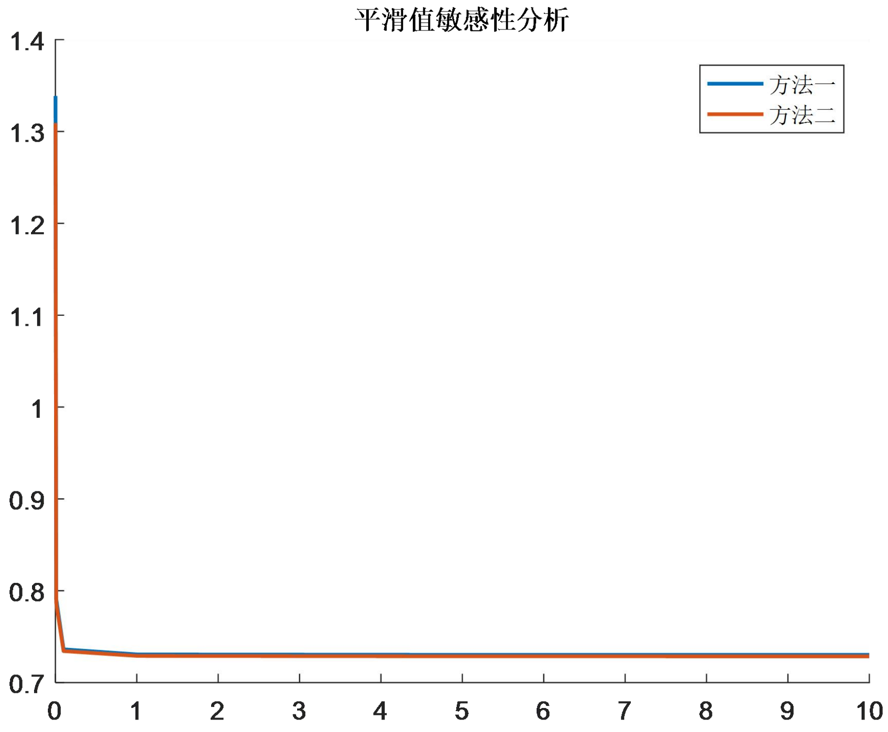

图 3：两种预报方法平均相对误差平滑值敏感性分析

综上，可看出在 α 为 1 时两种方法都趋向于平缓，故选取 α =1 作为平滑值。

5.1.4 雨量评价模型的建立与求解

综合以上墨卡托投影、反距离加权插值、误差计算的数学式子，建立雨量评价数学模型，具体模型如下：

$$
\begin{cases}
E_{dtij} = \left|C_{dtij} - Z_{dtij}\right| & d=1,\ldots,41, t=1,\ldots,4, i=1,..,53, j=1,\ldots,47 \\
\overline{E} = \dfrac{\sum_{d=1}^{41}\sum_{t=1}^{4}\sum_{i=1}^{53}\sum_{j=1}^{47} E_{dtij}}{41*4*54*47} & \\
R_{dtij} = \dfrac{\left|C_{dtij} - Z_{dtij}\right|}{Z_{dtij}} & d=1,\ldots,41, t=1,\ldots,4, i=1,..,53, j=1,\ldots,47, \left(Z_{dtij} \neq 0\right) \\
\overline{R} = \dfrac{\sum_{d=1}^{41}\sum_{t=1}^{4}\sum_{i=1}^{53}\sum_{j=1}^{47} R_{dtij}}{41*4*54*47} & \\
x_{ij} = \dfrac{N_{ij}\cdot\pi}{180}\cdot R_E & i=1,..,53, j=1,\ldots,47 \\
y_{ij} = \dfrac{R_E}{2}\cdot\log\left(\dfrac{1+\sin\left(a_{ij}\right)}{1-\sin\left(a_{ij}\right)}\right) & i=1,..,53, j=1,\ldots,47 \\
a_{ij} = \dfrac{T_{ij}\cdot\pi}{180} & i=1,..,53, j=1,\ldots,47 \\
D_{dtijk} = \sqrt{\left(x_{ij}-x_k\right)^2 + \left(y_{ij}-y_k\right)^2} & d=1,\ldots,41, t=1,\ldots,4, i=1,..,53, j=1,\ldots,47, k=1,\ldots,91 \\
\lambda_{ijk} = \dfrac{\frac{1}{D_{dtijk}}}{\sum_{k=1}^{91}\frac{1}{D_{dtijk}}} & i=1,..,53, j=1,\ldots,47, \left(d_{dtijk} \neq 0\right) \\
Z_{dtij} = \sum_{k=1}^{91} \lambda_{ijk} S_{dtk} & d=1,\ldots,41, t=1,\ldots,4, i=1,..,53, j=1,\ldots,47
\end{cases}
$$

5.1.5 雨量预报算法的具体描述

根据以上的数学模型，设计相应的求解算法，利用*Matlab*进行编程求解，具体算法如下所示：

*Step*1：初始化数据。根据题目所给预测点的预测数据，观测点的实际数据，预测点和观测点的经纬度等。

*Step*2：预测点与观测点之间的平面距离计算。利用墨卡托投影法将观测点和预测点的经纬度转换成平面坐标，再根据距离公式，计算各预测点与各观测点的平面距离。

*Step*3：实际降雨量计算。根据附件所给的观测点实际降雨量，利用反距离加权法计算各预测点的实际降雨量，反距离加权法具体的伪代码如下：

Algorithm 1: 反距离加权法 (IDW)

Data: D, mea

矩阵 D, 表示预测点到实测点的距离矩阵

矩阵 mea, 表示实测点数据

begin

    初始化权重矩阵 λ// 开始计算权重

    for $i \leftarrow 1$ **to** 预测点数量最大值 **do**

        for $j \leftarrow 1$ **to** 实测点数量最大值 **do**

            if $D_{ij} = 0$ **then**

                $\lambda_{ij} = 0$

            else

                $\lambda_{ij} = \frac{\frac{1}{D_{ij}}}{\sum D_{ij}}$

            end

        end

    end

    初始化反距离加权平均值矩阵 z// 开始反距离加权平均

    for $i \leftarrow 1$ **to** 预测点数量最大值 **do**

        for $j \leftarrow 1$ **to** 实测点数量最大值 **do**

            if $\lambda_{ij} = 0$ **then**

                $z_i = mea_j$

            else

                $z_i = \sum_{j=1}^{n} mea_j * \lambda_{ij}$

            end

        end

    end

    return z

end

*Step*4：误差值计算。利用求解出的各预测点的实际降雨量，结合两种方法预测的数据，分别对两种方法的平均绝对误差和平均相对误差进行计算，并根据其计算结果，对两种方法进行评价。

5.1.6 具体结果

利用 *Matlab* 编程求解，可得出各预测点的实际降雨量以及两种预报方法的绝对/相对误差的平均值，并根据其误差值对两中降雨量预报方法进行评价，两种预报方法的平均绝对误差和平均相对误差如下：

表 1：方法一、二的绝对/相对误差平均值

	方法一	方法二
平均绝对误差	0.582912	0.586515
平均相对误差	0.729120	0.730675

从表中可看出方法一的平均绝对误差和平均相对误差都比方法二的小，故可明显看出方法一的预报方法的准确性更高。

（一）两种预报方法的预测与实际降雨量的对比

利用反距离加权插值，计算出各预测点的实际降雨量，再结合两种预报方法的预测在 7 月 3 日第 1 阶段的降水量进行可视化展示，具体如下图所示：

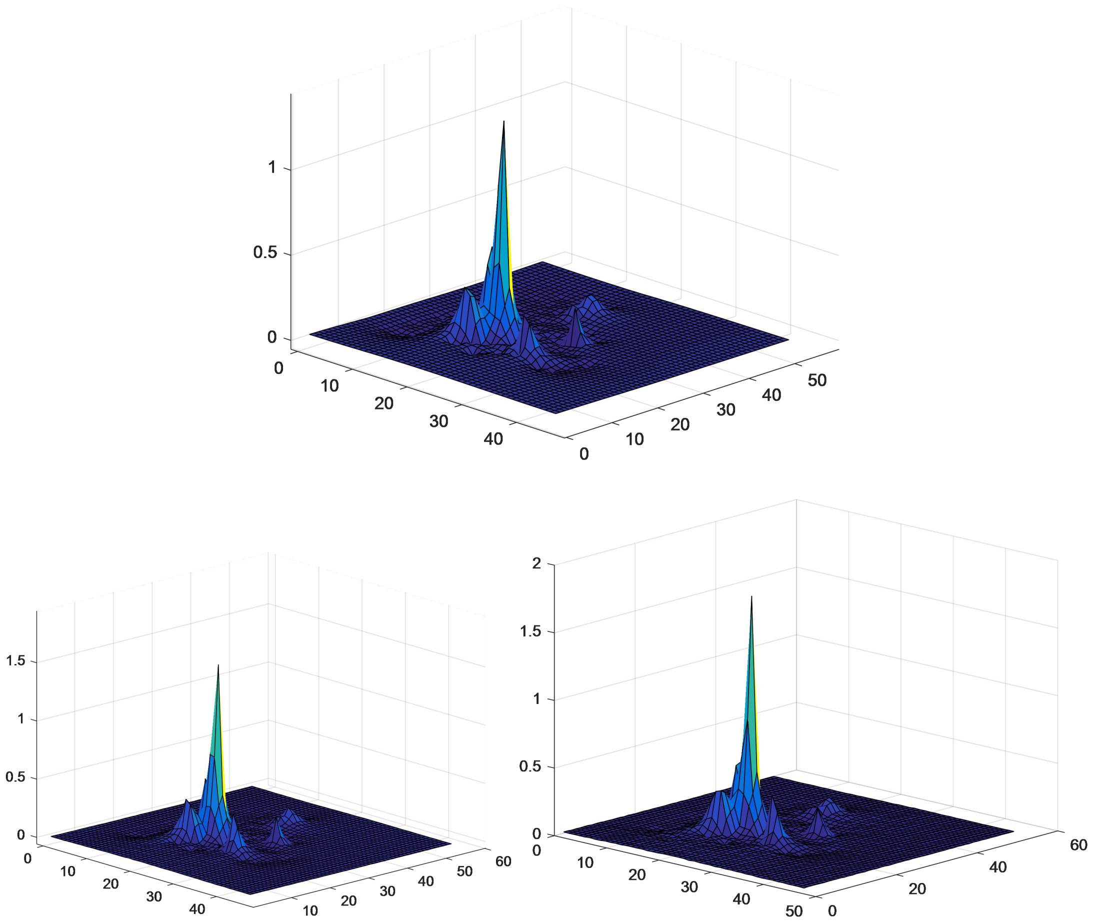

图 4：7 月 3 日第 1 段实际降水量和两种方法的预测降水量三维可视化图

从三个对比图中可看出方法二在该天的测量误差比方法一大，特别是峰值处，可明显看出方法一预测的值更接近实际降水量值。

（二）相对误差可视化

使用相对误差的计算式子，计算出各预测点预测降水量与实际降水量的相对误差，并将两种预报方法在 7 月 3 日第 1 阶段的相对误差进行可视化展示，具体如下图所示：

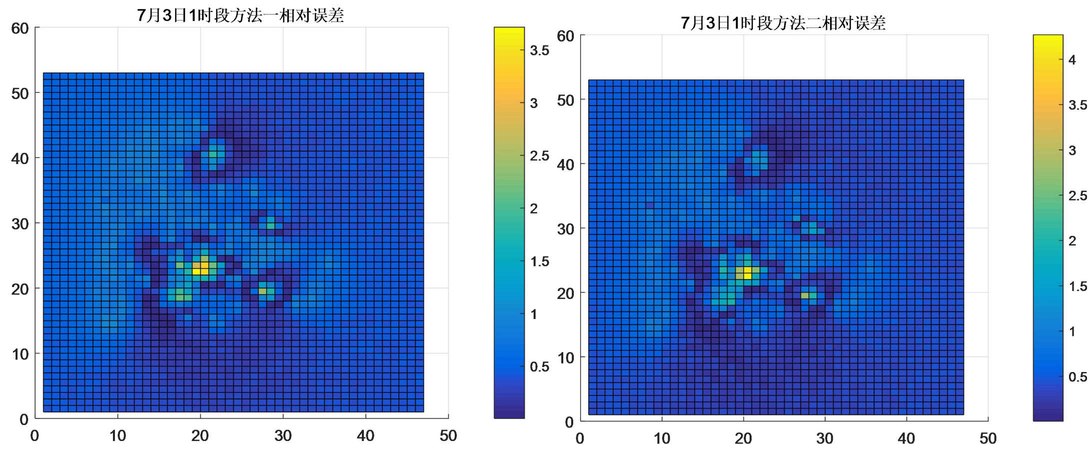

图 5：7 月 3 日第 1 段两种方法的相对误差分布可视化图

从上图两个相对误差分布对比图可看出，方法二的远距离处的颜色比方法一的远距离处的颜色相对较深，说明方法二对于远距离的预测雨量误差相对较差。

5.2 问题 2 ：降雨量等级评价

在本题中，由于问题一求解出的方法一和方法二都存在一定的误差，若使用两种预报方法对雨量进行预报并直接根据气象门的降雨量分级进行公布，可能会因为其误差造成降雨量等级发布错误，从而导致公众被误导。据此，根据降雨量等级自定义评级等级，再利用自定义评级等级分别针对两种预报方法存在的误差，放大其误差后选择更为合适的预测方法。

5.2.1 预报错误等级次数

因预报方法一和方法二对降雨量的预测存在一定的误差，且无雨到有雨等级划分为 0.1-2.5，较易出现预报错误，对两种方法对降雨量等级的预报错误数量进行统计，得到的具体数量如下表所示：

表 2：两种预报方法预报错误次数

	预报方法一	预报方法二
无雨误报次数	1659	1662
小雨误报次数	48532	48494
中雨误报次数	26319	26351
大雨误报次数	20998	21129
暴雨误报次数	6862	6919
大暴雨误报次数	82	81
特大暴雨误报次数	0	0

从上表可看出，除了特大暴雨，其余降雨量等级都有误报的情况出现，

据此需根据两种预报方法误报情况，进行均方根误差计算，从中选出最适合预报的方法。

5.2.2 均方根误差式子

由于两种预报方法都存在误差，导致预报结果可能会对公众造成误导，因平方操作会对误差较大的样本进行放大，据此使用均方根误差对两种预报方法的误差进行放大，并从中选择较合适的预报方法。设 F 为均方根误差，PZ_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的实际降水量等级，PC_{dtij} 为第 d 天中第 t 个时间段预测点 (i,j) 的预测降水量等级，具体的均方根误差式子如下：

$$F=\sqrt{\frac{\sum_{d=1}^{41}\sum_{t=1}^{4}\sum_{i=1}^{53}\sum_{j=1}^{47}\left(PZ_{dtij}-PC_{dtij}\right)^2}{41*4*53*47}}$$

5.2.3 设计最优评价算法的具体描述

根据以上的均方差误差模型，设计相应的解决算法，具体的算法步骤如下：

*Step*1：根据附件所给的气象门划分的降雨量等级，自定义评级，给每个不同等级都划分不同的数值，将预测降雨量和实测降雨量都转换成自定义的评级数值。

*Step*2：将实际降雨量数据的评级和预测数据进行对比，考虑实际不同降雨情况对生活的影响，有的情况须放大错误的惩罚力度，采用均方根误差法求出预测降雨情况与实际降雨情况的偏差的程度数值，数值越小表明预测方法越准确。

*Step*3：根据求出的均方根误差值建立表格，得出两种预测方法的均方根误差值的均值，比较两个均值，较小的一个即为较适合的预测方法。

表 3：自定义评级表

降雨量（毫米）	评级	评级数值
0.0—0.1 毫米	无雨	0
0.11—2.5 毫米	小雨	3
2.6—6.0 毫米	中雨	4
6.1—12 毫米	大雨	5
12.1—25 毫米	暴雨	6
25.1—60 毫米	大暴雨	7
大于 60.1 毫米	特大暴雨	8

考虑到预测无雨而实际有雨的情况，在这种情况下对公众的影响最大，

故需将无雨到小雨的跨度设置为 3，其余都为 1。

5.2.6 具体结果

根据以上的模型和算法，利用 *Matlab* 编程求解，求解出方法一的均方差误差为 0.716153，方法二的均方差误差为 0.716280，故使用方法一的预报方法预测降雨量并根据降雨量向公众发布相对较好。

六、模型评价与推广

6.1 模型优点

1）本模型科学评价预报方法

2）本模型对预报方法的平均/相对误差的平均值进行计算

3）本模型向公众预报中考虑预报方法存在的误差

6.2 模型缺点

1）需预先求解各个预测点、观测点的平面坐标

6.3 模型推广

本模型通过对预报方法的科学评价，通过每种预报方法的误差值，使气象部门选择更准确的预报方法向公众公布降雨量等级。并且本模型对大众的感受进行考虑，更能满足大众的需求。

七、参考文献

[1]墨卡托投影法将经纬度转换为平面坐标_投影坐标系转换公式-CSDN 博客

[2]本刊综合.墨卡托投影[J].发明与创新(高中生),2023(05):53.

[3]张洁,段平.地形因子对反距离加权插值方法(IDW)最优距离指数的影响分析[J].地理科学,2023,43(07):1281-1290.DOI:10.13249/j.cnki.sgs.2023.07.015.

[4]黄晓虎,董雨休,易武,等.降雨型堆积层滑坡中长期预报中前期有效降雨量计算方法研究[J/OL].应用基础与工程科学学报:1-14[2024-06-26].http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3242.TB.20240207.2158.002.html.

附录

一、支撑材料的文件列表

1、xpoint.xls

2、ypoint.xls

3、shice_xpoint.xls

4、shice_ypoint.xls

5、preci.xls

6、IDW.m

7、Count_Ea.m

8、RMS.m

二、程序代码

1、程序名：IDW.m

%读取经纬度，通过墨卡托投影法将经纬度转换为平面坐标,然后通过反距离加权插值计算

```
%预测点坐标获取
lon = importdata('lon.dat');%经度-预测点
lat = importdata('lat.dat');%纬度-预测点

%墨卡托投影法
earthRad = 6378137.0;
x = ((lon .* pi) ./ 180) .* earthRad;% 53*47
a = (lat .* pi) ./ 180;
y = (earthRad ./ 2) .* log((1.0 + sin(a)) ./ (1.0 - sin(a)));

%实测点坐标获取
mea=cell(7,30);%月份,日期, 测量实际值
for month = 6:7
    for day = 1:30
        if month==6 && day<18 || day > 28
            continue;
        end
```

```
mea{month,day}=importdata(['02',num2str(month,'%02d'),num2str(day,
'%02d'),'.SIX']);
        end
    end


    lon2 = zeros(91,1);%经度-实测点
    lat2 = zeros(91,1);%纬度-实测点
    for i=1:91
        lon2(i) = mea{7,1}(i,3);
        lat2(i) = mea{7,1}(i,2);
    end

    x2 = ((lon2 .* pi) ./ 180) .* earthRad;%91*1
    a2 = (lat2 .* pi) ./ 180;
    y2 = (earthRad ./ 2) .* log((1.0 + sin(a2)) ./ (1.0 - sin(a2)));




    %反距离加权插值法
    p = 1;%取值为 1

    %计算 di-样点与待插值位置的距离
    %计算权重 wi ， 是第 i 个样点的权重 wi = 1/(di)^p
    d = zeros(53,47,91);%第 i 行 j 列的预测点对应的第 k 个实测点的距
离 % 距离和月份,日期,时段无关
    wi = zeros(53,47,91);%第 i 行 j 列的预测点对应的第 k 个实测点的权
重 % 权重和月份,日期,时段无关
    sum_wi = zeros(53,47);%权值求和

    for i = 1:53
        for j = 1:47
```

```
            for k = 1:91
                d(i,j,k)      =      sqrt((x(i,j)-x2(k))^2      +
(y(i,j)-y2(k))^2);
                if(d(i,j,k) == 0)%如果预测点和实测点重合
                    wi(i,j,k) = 0;
                    continue;
                end
                sum_wi(i,j) = sum_wi(i,j) + 1/(d(i,j,k));
            end
        end
    end


    for i = 1:53
        for j = 1:47
            for k = 1:91
                if(d(i,j,k) == 0)%如果预测点和实测点重合
                    wi(i,j,k) = 0;
                    continue;
                end
                wi(i,j,k) = (1/d(i,j,k))/(sum_wi(i,j));
            end
        end
    end

    z = cell(7,30,4);%月份,日期,时段



    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
```

```
            for time = 1:4 %时段
                for i=1:53
                    for j=1:47
                        sum_wizi = 0;
                        for k = 1:91
                            if(wi(i,j,k)==0)%如果预测点和实测点
重合
                                sum_wizi                        =
mea{month,day}(k,time+3)*sum_wi(i,j); % 使后面 z 等式为实测值
                                break;%直接计算 z 等式
                            end
                            sum_wizi       =       sum_wizi       +
mea{month,day}(k,time+3)*wi(i,j,k);
                        end%k
                        z{month,day,time}(i,j) = sum_wizi;
                    end%j
                end%i
            end%time
        end%day
    end%moth

    %将反距离加权插值法求得数值写入 excel 文件 or cvs 文件

    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
            for time = 1:4

csvwrite(['m',num2str(month,'%02d'),'d',num2str(day,'%02d'),'t',n
um2str(time,'%02d'),'.cvs'],z{month,day,time});

xlswrite(['m',num2str(month,'%02d'),'d',num2str(day,'%02d'),'t',n
```

```
um2str(time,'%02d'),'.xls'],z{month,day,time});
            end
        end
    end
```

2、程序名：Count_Ea.m

```
    %计算绝对误差和相对误差以及平均绝对误差和相对误差
    z = cell(7,30,4);%月份,日期,时间段-加权值
    dis=cell(7,30,4,2);%月份,日期,时段，方法 %预测

    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
            for time = 1:4

z{month,day,time}=importdata(['m',num2str(month,'%02d'),'d',num2s
tr(day,'%02d'),'t',num2str(time,'%02d'),'.cvs']);
                for method = 1:2
                    dis{month,day,time,method}                    =
importdata(['f',num2str(month),num2str(day,'%02d'),num2str(time),
'_dis',num2str(method)]);
                end
            end
        end
    end

    %绝对误差
    Ea = cell(7,30,4,2);%月份,日期,时间段,方法
    %相对误差 R
    R =  cell(7,30,4,2);%月份,日期,时间段,方法
    ping = 0.001;%平滑值
    wubao_wutoyou = zeros(2,1);
    wubao_youtowu = zeros(2,1);
```

```
    count = zeros(2,1);
    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
            for time = 1:4 %时段
                for method = 1:2
                    R{month,day,time,method} = zeros(53,47);
                    for i = 1:53
                        for j = 1:47
                            Ea{month,day,time,method}(i,j)         =
abs(dis{month,day,time,method}(i,j)-z{month,day,time}(i,j));
                            if(z{month,day,time}(i,j)==0)%加平滑
值 + 计数

if(dis{month,day,time,method}(i,j)>0.1)%误报计数
                                    wubao_wutoyou(method)         =
wubao_wutoyou(method) + 1;
                                end
                                count(method) = count(method) + 1;
                                dis{month,day,time,method}(i,j) =
dis{month,day,time,method}(i,j) + ping;
                                z{month,day,time}(i,j)             =
z{month,day,time}(i,j) + ping;
                                R{month,day,time,method}(i,j)    =
abs(dis{month,day,time,method}(i,j)-z{month,day,time}(i,j))/(z{mo
nth,day,time}(i,j));
                                z{month,day,time}(i,j)             =
z{month,day,time}(i,j) - ping;
                            else
                                R{month,day,time,method}(i,j)    =
abs(dis{month,day,time,method}(i,j)-z{month,day,time}(i,j))/(z{mo
nth,day,time}(i,j));
```

```
                        end

if(dis{month,day,time,method}(i,j)<=0.1)
                            if(z{month,day,time}(i,j)>0.1)
                                wubao_youtowu(method)       =
wubao_youtowu(method) + 1;
                            end
                        end


                    end
                end
            end%method
        end%time
    end%day
end%moth

%计算两个方法的相对误差平均值 和 绝对误差平均值
PEa = zeros(2,1);
PR = zeros(2,1);
for method = 1:2
    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
            for time = 1:4 %时段
               for i = 1:53
                   for j = 1:47
                          PEa(method)    =    PEa(method)    +
Ea{month,day,time,method}(i,j);
                          PR(method)     =     PR(method)     +
R{month,day,time,method}(i,j);
                   end
               end
```

```
            end%time
        end%day
    end%moth
    PEa(method) = PEa(method)/(41*4*53*47);
    PR(method) = PR(method)/(41*4*53*47);
end
```

3、程序名：RMS.m

```
%计算均方根误差

z = cell(7,30,4);%月份,日期,时间段-加权值
dis=cell(7,30,4,2);%月份,日期,时段，方法 %预测

for month = 6:7
    for day = 1:30
        if month==6 && day<18 || day > 28
            continue;
        end
        for time = 1:4
z{month,day,time}=importdata(['m',num2str(month,'%02d'),'d',num2s
tr(day,'%02d'),'t',num2str(time,'%02d'),'.cvs']);
            for method = 1:2
                dis{month,day,time,method}                    =
importdata(['f',num2str(month),num2str(day,'%02d'),num2str(time),
'_dis',num2str(method)]);
            end
        end
    end
end

%评级
%加权值
ZRate = cell(7,30,4);%月份,日期,时间段 加权值评级
%预测
```

```
    CRate =  cell(7,30,4,2);%月份,日期,时间段,方法 预测评级

    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
            for time = 1:4 %时段
                for method = 1:2

                    for i = 1:53
                        for j = 1:47
                            if z{month,day,time}(i,j)<=0.1
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 0;
                            elseif z{month,day,time}(i,j)<=2.5
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 3;
                            elseif z{month,day,time}(i,j)<=6.0
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 4;
                            elseif z{month,day,time}(i,j)<=12
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 5;
                            elseif z{month,day,time}(i,j)<=25
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 6;
                            elseif z{month,day,time}(i,j)<=60
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 7;
                            else
                                ZRate{month,day,time}(i,j) = 8;
                            end

                            if
dis{month,day,time,method}(i,j)<=0.1
                                CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 0;
                            elseif
dis{month,day,time,method}(i,j)<=2.5
```

```
                                        CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 3;
                                    elseif
dis{month,day,time,method}(i,j)<=6.0
                                        CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 4;
                                    elseif
dis{month,day,time,method}(i,j)<=12
                                        CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 5;
                                    elseif
dis{month,day,time,method}(i,j)<=25
                                        CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 6;
                                    elseif
dis{month,day,time,method}(i,j)<=60
                                        CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 7;
                                    else
                                        CRate{month,day,time,method}(i,j)
= 8;
                                    end

                                end
                            end
                        end%method
                    end%time
                end%day
            end%moth


    %方根误差
    f = cell(7,30,4,2);%月份,日期,时间段,方法
```

```
    for month = 6:7
        for day = 1:30
            if month==6 && day<18 || day > 28
                continue;
            end
            for time = 1:4 %时段
                for method = 1:2
                    for i = 1:53
                        for j = 1:47
                            f{month,day,time,method}(i,j)         =
(ZRate{month,day,time}(i,j)-CRate{month,day,time,method}(i,j))^2;
                        end
                    end
                end%method
            end%time
        end%day
    end%moth
```

%计算两个方法的均方根误差

```
    F = zeros(2,1);
    for method = 1:2
        for month = 6:7
            for day = 1:30
                if month==6 && day<18 || day > 28
                    continue;
                end
                for time = 1:4 %时段
                   for i = 1:53
                       for j = 1:47
                              F(method)      =      F(method)      +
f{month,day,time,method}(i,j);
                       end
                   end
```

```
            end%time
        end%day
    end%moth
    F(method) = sqrt(F(method)/(41*4*53*57));
end
```