

太阳影子定位

摘要

全球定位是信息时代发展的必然趋势，太阳影子数据视频定位对信息时代的全球定位发展有着重大影响。

针对问题一：本文查找资料建立了影子长度与太阳高度角、观测的地理经纬度、季节（年、月、日）和时间等各个因素的函数关系。并对大气折射引起的误差进行了模型修正，利用 MATLAB 软件求解，得到影长在 9 点钟大概 7 米长逐渐递减到 12 点半约 3.6 米长，在此之后呈递增趋势。

针对问题二：本文对附件 1 的数据进行分析处理，然后将问题一中建立所有的函数表达式含有经纬度，直杆的高度的参数设为未知量，建立最小二乘法的非线性拟合模型，利用 MATLAB 软件求得其中一部分数据得知直杆所在地可能为海南、云南、缅甸等，最后，本文还将求得出的未知量代入自拟函数中，得到测算影长和实际影长拟合变化曲线非常吻合。

针对问题三：此问同问题二思路，分别对附件 2 和附件 3 中的数据分析处理，然后，在问题二建立的函数基础上，再增加一个未知量日期，最后通过附件二中的数据用 *MATLAB* 软件求解得到杆子可能的所在地点为西藏自治区、印度和新疆维吾尔自治区等，对应的日期分别为 2015 年 2 月 11 日、2015 年 1 月 31 日和 2015 年 2 月 7 日等；同理通过附件三中的数据得到杆子可能的所在地点为河南、湖北和山西等，对应的日期分别为 2015 年 4 月 18 日、2015 年 3 月 31 日和 2015 年 3 月 25 日等。

针对问题四：本文首先用 MATLAB 对视频进行解码处理，得到 rgb 图片并灰度化处理，取点计算直杆长度和影子长度。得到视频影长数据表七，代入问题二模型中，利用 MATLAB 软件求解得到直杆可能于 2015 年 1 月 1 日在长春或者 2015 年 3 月 10 日在菲律宾等一系列地方。

关键词： *MATLAB* 最小二乘法 视频解码器

一、问题重述

如何确定视频的拍摄地点和拍摄日期是视频数据分析的重要方面，太阳影子定位技术就是通过分析视频中物体的太阳影子变化，确定视频拍摄的地点和日期的一种方法。

1. 建立影子长度变化的数学模型，分析影子长度关于各个参数的变化规律，并应用我们建立的模型画出 2015 年 10 月 22 日北京时间 9:00–15:00 之间天安门广场（北纬 39 度 54 分 26 秒，东经 116 度 23 分 29 秒）3 米高的直杆的太阳影子长度的变化曲线。

2. 根据某固定直杆在水平地面上的太阳影子顶点坐标数据，建立数学模型确定直杆所处的地点。将我们的模型应用于附件 1 的影子顶点坐标数据，给出若干个可能的地点。

3. 根据某固定直杆在水平地面上的太阳影子顶点坐标数据，建立数学模型确定直杆所处的地点和日期。将你们的模型分别应用于附件 2 和附件 3 的影子顶点坐标数据，给出若干个可能的地点与日期。

4. 附件 4 为一根直杆在太阳下的影子变化的视频，并且已通过某种方式估计出直杆的高度为 2 米。请建立确定视频拍摄地点的数学模型，并应用你们的模型给出若干个可能的拍摄地点。

如果拍摄日期未知，你能否根据视频确定出拍摄地点与日期？

二、问题分析

2.1 问题一

问题一是一个规划模型，根据问题一所给出的函数关系式，建立影长与年份、日期、时间、经纬度、杆长等等的函数关系模型，以及附件中给出数据计算出来，用 MATLAB，对未知量参数经度、纬度、杆长进行自定义函数进行拟合，求出未知数。

2.2 问题二

问题二是一个预测问题，通过问题一的整体规划模型，根据附件 1 所给的数值建立参数判别影子长度的影响程度。问题的特点在与仅仅给出了日期、时刻、影子长度等少量参数。难点在于要抓住参数与参数之间的联系，通过模型的建立拟合真实影长，并预测附件中给出数据的可能地点

2.3 问题三

问题三同问题二一样是一个整体预测问题，难点在于相比问题二多了一个未知量，使得三维预测编程了预测问题。

2.4 问题四

对附件中视频进行处理和图片提取，利用问题二和问题三用 MATLAB 对影长函数关系式进行非线性拟合，求出经度、纬度、杆长等等未知数。

三、问题的假设

- 1、假设地球是一个密度均匀的球体；
- 2、假设杆子是刚体，不受气温的影响而改变长度；
- 3、假设视频中选取出来的直杆和影子长度即真实的长度；
- 4、假设影子的变化时间不会影响赤纬角的变化。

四、符号的说明

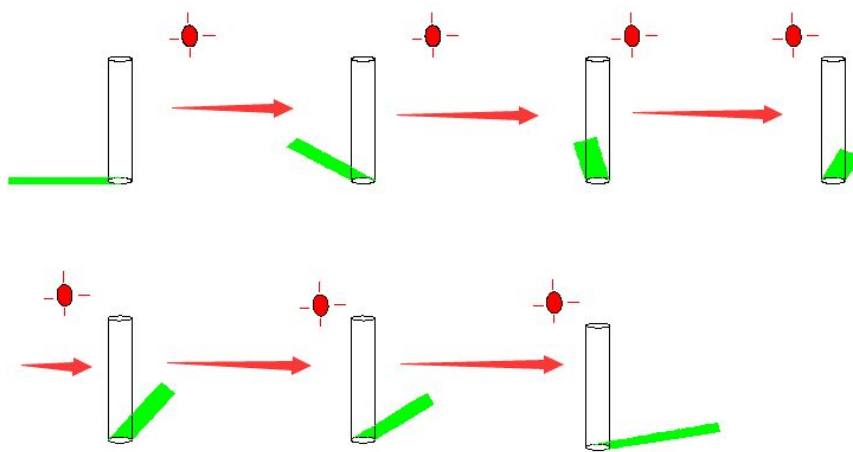
H	太阳高度角
A	方位角
D	经度
t	时角
E_q	时差时
N	天数积日
ΔN	积日修正值
Y	数据获取的年份
B	赤纬角
A	纬度
S	观察时刻
$length$	杆影的长度
L	直杆的高度
α	折射角
k	直杆坐标与真实杆长的比例系数
h	程序测量影子长度

五、模型的建立与求解

5.1. 问题一的解答

5.1.1 问题一的分析

首先查找资料分析影子长度与太阳高度角、观测的地理经纬度、季节（年、月、日）和时间等各个因素的关系，观察附件中的视频中杆子影子在一天实际当中的某个时间段的变化（有长变短再变长）过程如图（一），并建立函数表达式模型，然后利用 MATLAB 软件作出 3 米高的直杆的太阳影子长度的变化曲线。



图一、杆子影子在一天某个时间段当中的变化过程

5.1.2 建立影子长度函数模型

通过查找资料得到杆子影子长度与太阳高度角、当地纬度、太阳赤纬和太阳时角有关。

1) 太阳高度角的计算

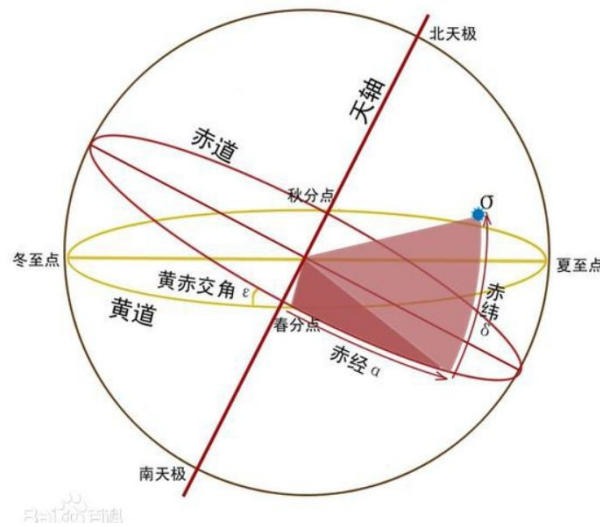
太阳影子的源头是来自太阳的光照，首先要确定影响太阳光照的参数指标，计算太阳在天体运动过程中相对于地球上视频拍摄地的相对位置，是该拍摄地的季节（年月日），该拍摄地的经纬度，拍摄当天的拍摄时间三个因素决定的，这些指标通常以地平坐标系以及赤道坐标系同时表示太阳位置，即太阳高度角 H , A 当地纬度，太阳视赤纬角 B 以及太阳时角 t 来表示的。建立表达式得：

$$\sin H = \sin(A) * \sin(B * \pi/180) + \cos(A) * \cos(B * \pi/180) * \cos(t)$$

$$H = \arcsin(\sin H)$$

2) 太阳相对位置的参数影响赤纬角

赤纬角又称太阳赤纬，是地球赤道平面与太阳和地球中心的连线之间的夹角。赤纬角是由于地球绕太阳运行造成的现象，它随时间而变，因为地轴方向不变，所以赤纬角随地球在运行轨道上的不同点具有不同的数值。赤纬角以年为周期，在 $+23^{\circ} 26'$ 与 $-23^{\circ} 26'$ 的范围内移动，成为季节的标志。



图二、赤纬角示意图

每年 6 月 21 日或 22 日赤纬达到最大值 $+23^{\circ} 26'$ 称为夏至，该日中午太阳位于地球北回归线正上空，是北半球日照时间最长、南半球日照时间最短的一天。

所以一般用赤纬角来确定太阳相对地球上视频拍摄地点，赤纬角的表达式为：

$$B = 0.3723 + 23.2567 * \sin(Q) + 0.1149 * \sin(2 * Q) - 0.1712 * \sin(3 * Q) - 0.7580 * \cos(Q) + 0.3656 * \cos(2 * Q) + 0.0201 * \cos(3 * Q)$$

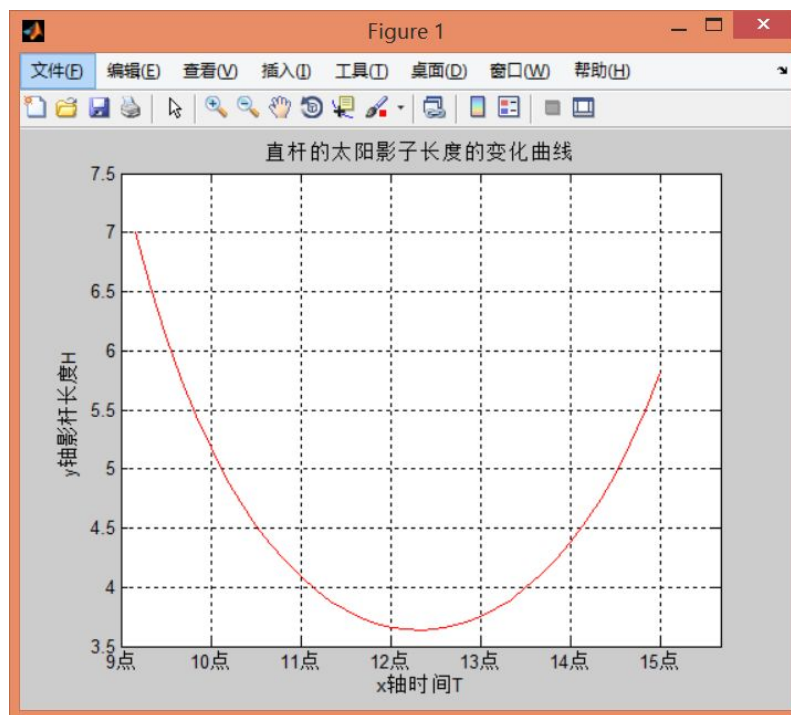
3) 拍摄时间的参数影响

计算时差时 (E_q) 指真太阳时与地方时平均太阳时之差，计算公式为：

$$E_q = (0.0028 - 1.9857 * \sin(Q) + 9.9059 * \sin(2 * Q) - 7.0924 * \cos(Q) - 0.6882 * \cos(2 * Q)) / (60 * 24) \quad (1)$$

$$Q = 2 * \pi * N + dn - n0 / 365.2422 \quad (2)$$

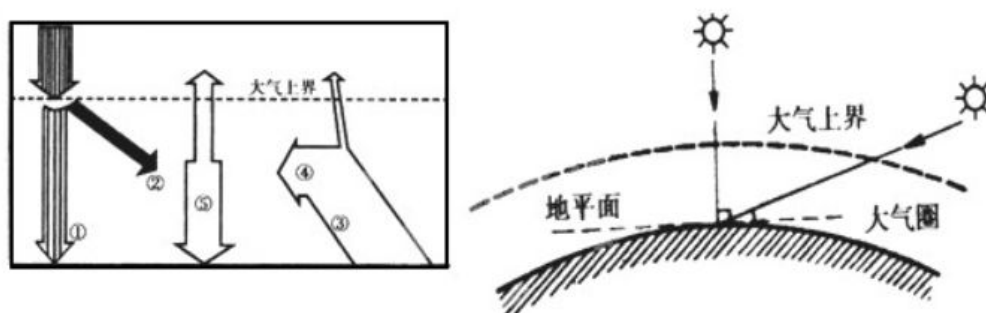
综上所述，将上文函数方程式通过程序方式写入 *MATLAB* 中，程序见附录
最后得出影子变化过程如下图所示：



图四、直杆的太阳影子长度的变化曲线

5.1.3 误差的分析与修正

但是本文通过 *MATLAB* 进行运算时发现，通过本模型计算出来的太阳高度角并没有考虑到大气折射对日照光线的折射影响，

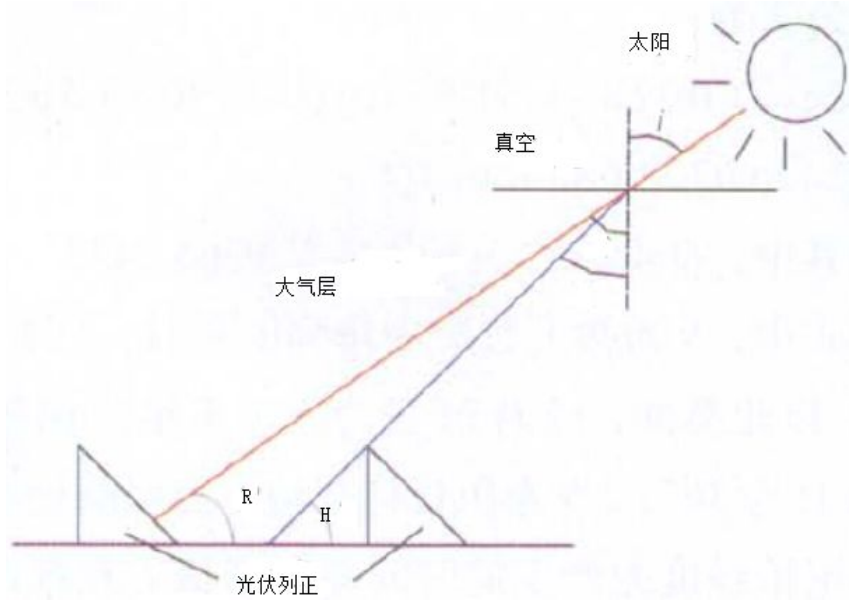


图五、大气层对日照光线的折射作用图

所以本文参考文献[1]大气层对日照光线的折射影响建立误差修正模型补充。

地球上的大气，有氮、氧、氩等常定的气体成分，有二氧化碳、一氧化二氮

等含量大体上比较固定的气体成分，其密度和太空中的真空状态是不同的，太阳光在介质很少的太空中基本不会发生偏折，将导致影子长出现较大的误差。故这里采用上述模型计算时因加入大气折射参数进行模型修正。太阳光折射示意图如下



图六、折射示意图

修正模型如下：

由图五、六所示的太阳影子及大气折射示意图可以看出，当太阳光进入大气层时会发生折射。

因此，最后可得出考虑大气折射影响的太阳高度角 H 为：

$$H = 90^\circ - \arcsin\left[\frac{\sin(90^\circ - R)}{\alpha}\right] \quad (10)$$

其中 α 为折射角

5.2 问题二的解答

5.2.1 问题二的分析

问题二要求直杆所处的地点，实际是转化求直杆所处的经纬度问题。本文根据附件（一）给出的杆子影子顶点坐标数据、拍摄瞬时时间和日期，并结合上文问题（一）所建立数学函数表达式[（1）-（9）]模型，用 *MATLAB* 软件，对

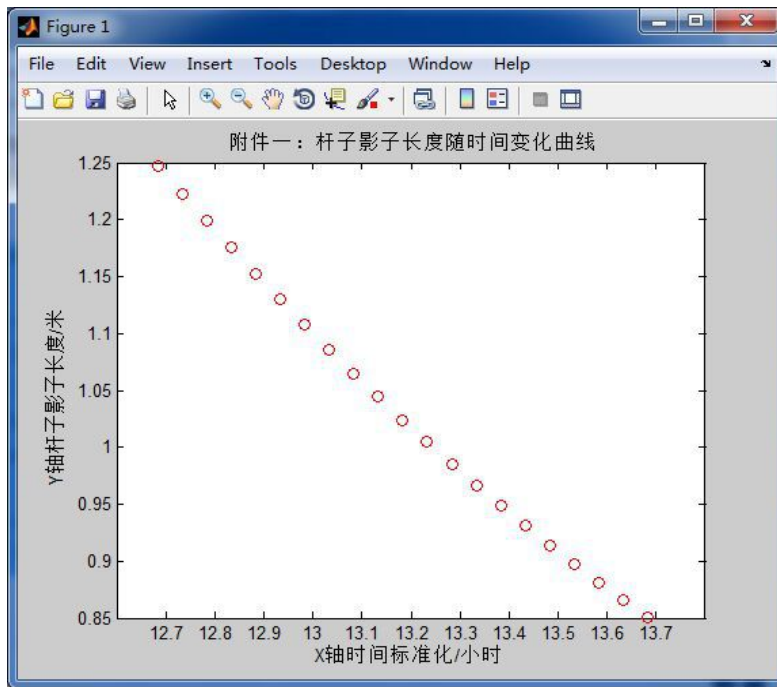
未知量参数经度、纬度、杆长进行自定义函数进行拟合，求出未知数，问题二中的未知数在本文中设为 $X(i)$ (其中 $i=1.2.3.4.\dots$)。

5.2.2 问题二的准备

本文通过对问题二的分析，本文对附件一数据进行计算整理，数据处理结果如表一：

表一

北京时间	x 坐标(米)	y 坐标(米)	影子的长度	时间标准化 (h)
12:41	-1.2352	0.173	1.247256205	12.683
12:44	-1.2081	0.189	1.22279459	12.733
12:47	-1.1813	0.2048	1.198921486	12.783
12:50	-1.1546	0.2203	1.175428964	12.833
12:53	-1.1281	0.2356	1.152439573	12.883
12:56	-1.1018	0.2505	1.12991747	12.933
12:59	-1.0756	0.2653	1.10783548	12.983
13:02	-1.0496	0.2798	1.086254206	13.033
13:05	-1.0237	0.294	1.065081072	13.083
13:08	-0.998	0.308	1.044446265	13.133
13:11	-0.9724	0.3218	1.024264126	13.183
13:14	-0.947	0.3354	1.004640314	13.233
13:17	-0.9217	0.3488	0.985490908	13.283
13:20	-0.8965	0.3619	0.966790494	13.333
13:23	-0.8714	0.3748	0.948584735	13.383
13:26	-0.8464	0.3876	0.930927881	13.433
13:29	-0.8215	0.4001	0.91375175	13.483
13:32	-0.7967	0.4124	0.897109051	13.533
13:35	-0.7719	0.4246	0.880973762	13.583
13:38	-0.7473	0.4366	0.865492259	13.633
13:41	-0.7227	0.4484	0.850504468	13.683



图七、直杆影子长度随时间变化曲线图

5.2.3 问题二的求解

由于问题二中直杆的高度、经度和纬度未知, 则将问题一所建立的部分函数进行修改如下:

$$L = X(1)/(15 * 24)$$

$$W = t/24$$

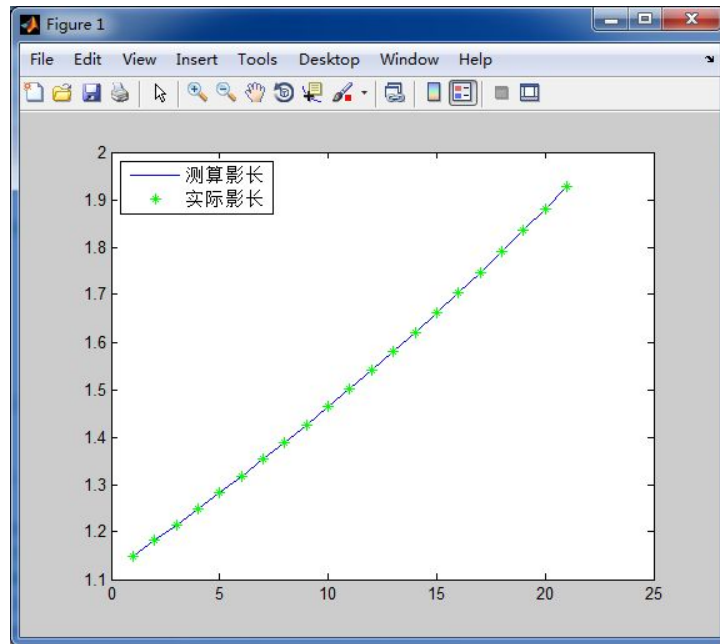
$$EE = (t + X(1) - 120) * 4/60 + E_q/60$$

$$\sin H = \sin(X(2)) * \sin(B * \pi/180) + \cos(X(2)) * \cos(B * \pi/180) * \cos(t)$$

$$Length = X(3) * \cot H$$

其中: $X(1)$ 为经度, $X(2)$ 为纬度, $X(3)$ 为杆长

最后本文通过最小二乘拟合, 用 *MATLAB* 中拟合函数 *lsqcurvefit* (程序见目录) 来优化求出 $X(1)$ 为经度, $X(2)$ 为纬度, $X(3)$ 为杆长最优解。最后本文还将求出的结果带入自定义函数中将测算影长和实际影长进行拟合, 得出结果为: 测算影长和实际影长非常吻合, 可以来验证上式求得未知量的合理性。



图八、测算影长与实际影长的拟合曲线

最后得出直杆部分所在地点的位置数据如下表二：

表二

杆子长度	$X(1)$ 的弧度	$X(1)$ 对应的经度	$X(2)$ 的弧度	$X(2)$ 对应的纬度
2.7794	1.7074	97.8268	0.4293	24.5971
2.7931	1.7045	97.6607	0.4301	24.6429
2.7931	1.7036	97.6091	0.4303	25.0653
3.0007	1.6625	95.2542	0.4393	25.1700
3.006	1.6622	95.2370	0.4400	25.2101
2.02216	1.8984	108.7703	0.3329	19.0738
2.0278	1.8896	108.6672	0.3342	19.1482
3.01	1.6626	95.2600	0.4394	25.1758

在百度地图输入纬度反向定位，根据本文表格数据确定了其中的几个地点如下图：



图九、海南省



图十、云南省



图十一、缅甸

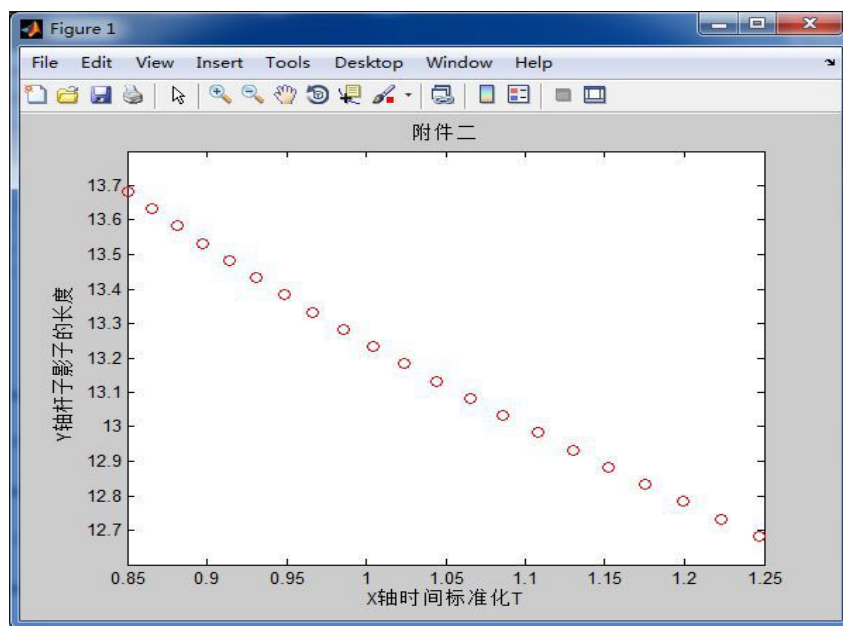
5.3 问题三的解答

5.3.1 问题三的分析

基于问题二原有函数模型，本文问题三对时间参数设为 $X(4)$ ，并通过对附件二附件三的数据进行分析处理，本文把影子坐标转换为影子长度，把拍摄时间进行标准化处理，附件二·附件三的数据处理结果如下表：

表三

北京时间	x 坐标(米)	y 坐标(米)	影子的长度	时间标准化 (h)
12:41	-1.2352	0.173	1.247256205	12.683
12:44	-1.2081	0.189	1.22279459	12.733
12:47	-1.1813	0.2048	1.198921486	12.783
12:50	-1.1546	0.2203	1.175428964	12.833
12:53	-1.1281	0.2356	1.152439573	12.883
12:56	-1.1018	0.2505	1.12991747	12.933
12:59	-1.0756	0.2653	1.10783548	12.983
13:02	-1.0496	0.2798	1.086254206	13.033
13:05	-1.0237	0.294	1.065081072	13.083
13:08	-0.998	0.308	1.044446265	13.133
13:11	-0.9724	0.3218	1.024264126	13.183
13:14	-0.947	0.3354	1.004640314	13.233
13:17	-0.9217	0.3488	0.985490908	13.283
13:20	-0.8965	0.3619	0.966790494	13.333
13:23	-0.8714	0.3748	0.948584735	13.383
13:26	-0.8464	0.3876	0.930927881	13.433
13:29	-0.8215	0.4001	0.91375175	13.483
13:32	-0.7967	0.4124	0.897109051	13.533
13:35	-0.7719	0.4246	0.880973762	13.583
13:38	-0.7473	0.4366	0.865492259	13.633
13:41	-0.7227	0.4484	0.850504468	13.683

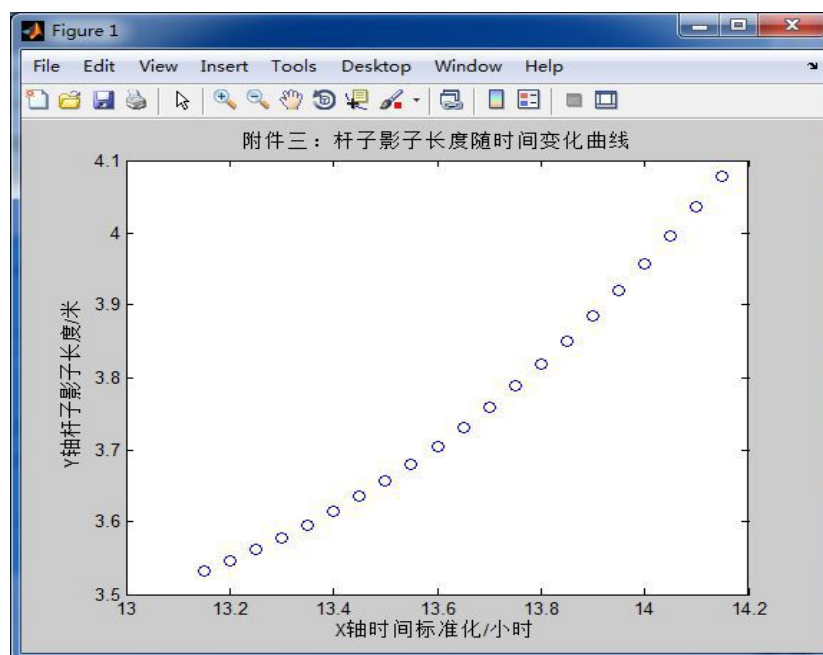


图十二、附件二的影长随时间变化的曲线图

表四

北京时间	x 坐标(米)	y 坐标(米)	影子的长度	时间标准化 (h)
13:09	1.1637	3.336	3.533142184	13.15
13:12	1.2212	3.3299	3.546768029	13.2
13:15	1.2791	3.3242	3.561797643	13.25
13:18	1.3373	3.3188	3.578100715	13.3
13:21	1.396	3.3137	3.595750783	13.35
13:24	1.4552	3.3091	3.61493428	13.4
13:27	1.5148	3.3048	3.635425983	13.45
13:30	1.575	3.3007	3.657218272	13.5
13:33	1.6357	3.2971	3.680541115	13.55
13:36	1.697	3.2937	3.705167836	13.6
13:39	1.7589	3.2907	3.731278025	13.65
13:42	1.8215	3.2881	3.758917911	13.7
13:45	1.8848	3.2859	3.788087888	13.75
13:48	1.9488	3.284	3.818701015	13.8

13:51	2.0136	3.2824	3.850809619	13.85
13:54	2.0792	3.2813	3.88458522	13.9
13:57	2.1457	3.2805	3.919911828	13.95
14:00	2.2131	3.2801	3.956875992	14
14:03	2.2815	3.2801	3.99553479	14.05
14:06	2.3508	3.2804	4.035750835	14.1
14:09	2.4213	3.2812	4.077863059	14.15



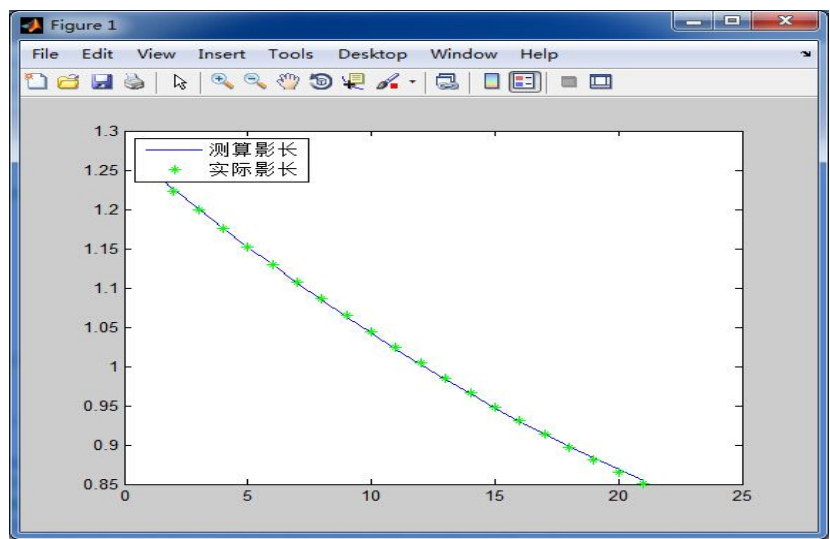
图十三、附件三影长随时间变化曲线

拟合方法同问题二 *MATLAB*（程序见附录），得出结果如下表五

表五：附件二中数据得到的可能的地点日期

杆长	$X(1)$ 的弧度	$X(1)$ 对应的经度	$X(2)$ 的弧度	$X(2)$ 对应的纬度	N	N 转化日期
3.2357	1.9816	113.5373	0.5799	33.2258	42.754	2015、2、11
3.2387	1.9712	112.9414	0.5171	29.6278	30.993	2015、1、31
3.2077	1.9788	113.3769	0.5551	31.8049	37.544	2015、2、7
3.6235	1.9689	112.8097	0.6328	35.7411	60.100	2015、3、1
3.2475	1.9672	112.7123	0.5006	28.6823	27.757	2015、1、28
2.6571	2.0071	114.9984	0.6696	38.3653	42.001	2015、2、10

根据表五的数据，通过 MATLAB 进行模型的验证。



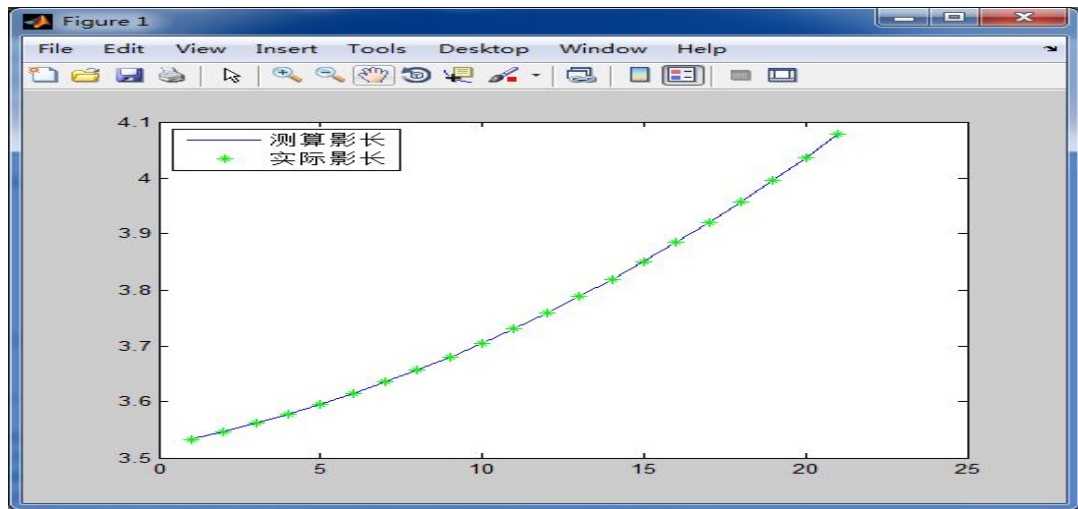
图十四、问题三中附件二的测算影长与实际影长的拟合效果图

通过图十四拟合曲线可知，测量的影长与实际的影长完全吻合，所以模型是可靠的且是精确的。图十四拟合曲线可知，测量的影长与实际的影长完全吻合，所以可以根据附件二处理得到的数据是可靠来确定可能的地点与日期如图十六、十七、十八。

表六：附件三中数据得到的可能的地点日期

杆长	$X(1)$ 的 弧度	$X(1)$ 对应 的经度	$X(2)$ 的弧度	$X(2)$ 对 应的纬度	N	N 转化日期
2.0000	1.4485	82.9929	0.5473	31.3580	108.05	2015、4、18
2.0001	1.4944	85.6228	0.4419	25.3190	90.34	2015、3、31
1.2839	1.2839	73.5621	0.4778	27.3759	84.213	2015、3、25
1.4282	1.3646	78.1858	0.4063	23.2793	75.585	2015、3、14
1.2713	1.2684	72.6740	0.4969	28.4703	87.227	2015、3、28
3.0000	1.5708	90.0002	0.6327	36.2510	142.30	2015、5、22

根据附件三的数据，通过 MATLAB 进行模型的验证



图十五、问题三中附件三的测算影长与实际影长的拟合效果图

通过图十五中拟合曲线可知，测量的影长与实际的影长完全吻合，所以模型的建立是可靠的且是精确的。附件三处理得到的数据来确定可能的地点与日期如图十九、二十、二十一、二十二。



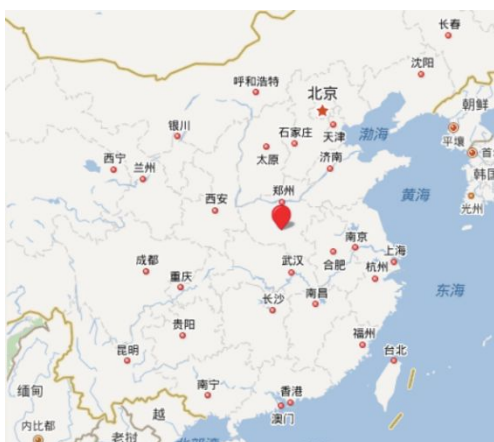
图十六、地址：西藏自治区



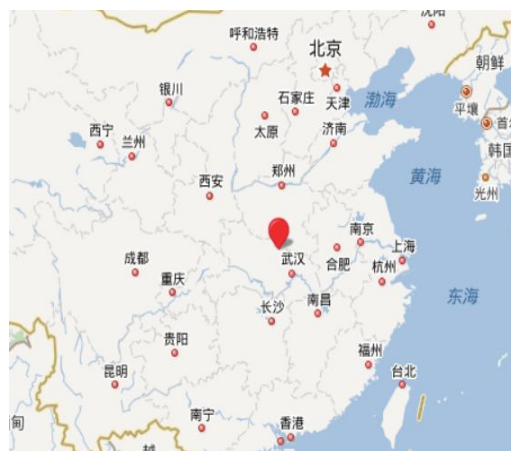
图十七、地址：印度



图十八、地址：新疆维吾尔自治区



图十九、地址：河南省



图二十、地址：湖北省



图二十一、地址：山西省

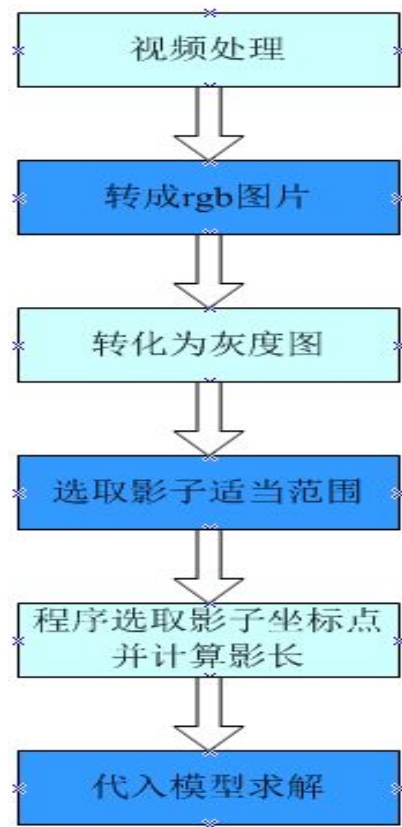


图二十二、地址：河北省

5.4 问题四的解答

5.4.1 问题四的分析

附件 4 给出了一个视频资料，并没有给出直观的数据资料，所以本文最先要做的就是对视频资料进行一个数据处理。本文问题四的基本思路是如下框图：



图二十三、问题四的基本思路框图

5.4.2 问题四的解答

1) 步骤如下:

视频资料解码转化为进行逐帧拆分, 即对数字视频进行解压缩的程序的运算。将加密压缩过后的视频文件解码后通过播放器播放出来。

所以本文应用 Realcodec 播放器插件 1.0 正式版视频解码软件对视频转化为逐帧的图片形式, 得到逐帧图片集如下图如下:



图二十四、视频截图

由视频逐帧解码得到 rgb 图的图片集后对图片进行灰度化处理如图：



图二十五、视频逐帧解码得到 rgb 图

使得彩色图片由三维立体图转化为二维图，这样有利于直杆长度的测算和影子长的坐标选取即计算。

通过鼠标的点取，从杆子的底端到杆头的两个点来计算杆长，通过如下公式建立影子长度的度量标准：

$$f=f_{Copy}$$

f_{Copy} 是鼠标在黑白图中选取的直杆长度坐标

$$k=ff/2$$

k 是直杆坐标与真实杆长的比例系数

$$h=f*k$$

h 是程序测量影子长度

并通过平面直角坐标系得到影子顶端坐标,通过编程得到了影子长度的数据如下表七:

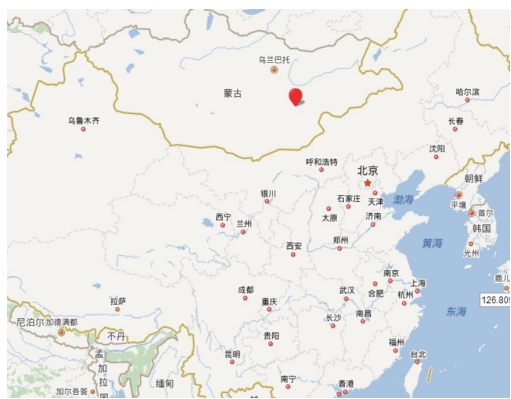
表七

拍摄时间	影子的长度
8:57	2.6901
8:59	2.6532
9:01	2.617
9:03	2.5816
9:05	2.5469
9:07	2.5128
9:09	2.4794
9:11	2.4467
9:13	2.4146
9:15	2.3831
9:17	2.3521
9:19	2.3218
9:21	2.292
9:23	2.292
9:25	2.234
9:27	2.2058
9:29	2.1781
9:31	2.1509
9:33	2.1242
9:35	2.0979

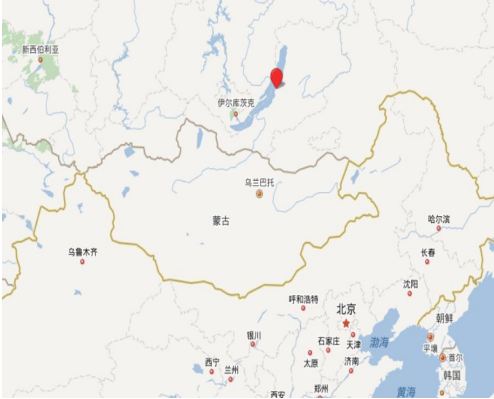
通过数据我们知道了视频拍摄的时间序列、拍摄日期、影子长度、直杆长度等参数、经过问题分析，我们把数据带入到问题二中的函数模型，进行 MATLAB 软件进行求解的到问题所求的可能地点的经纬度表如下表八：

杆子的长度	经度	纬度
2.0840	109.107	45.47
2.0	108.862	53.6346
2.019	108.886	47.905
2.040	117.0438	61.341

然后通过百度地图的经纬度的拾取坐标系统得到拍摄地点的可能位置为下：



图二十六、蒙古地点一



图二十七、俄罗斯地点一



图二十八、蒙古地点二



图二十九、俄罗斯地点二

问题要求在不知道拍摄日期的情况下，知道拍摄时刻、影子长度变化、直杆长度，求视频拍摄地的拍摄日期和拍摄地经纬度。

这个问题的求解符合问题三的求解过程，所以我们把已知的参数带入到问题三三模型当中进行优化插值求解。

得到拍摄地经纬度、拍摄日期的结果如下表九：

表九

经度	纬度	杆子长度	日期
124.303193	8.0385979	2.1268	2015、1、1
124.303193	44.198136	2.1268	2015、3、10

然后通过百度地图的经纬度的拾取坐标系统得到拍摄地点的可能位置为下：

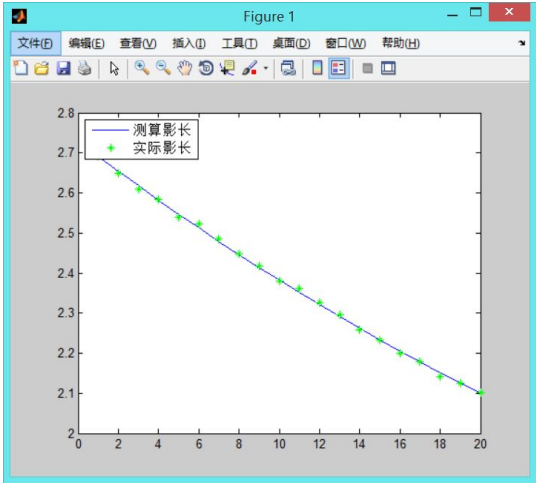
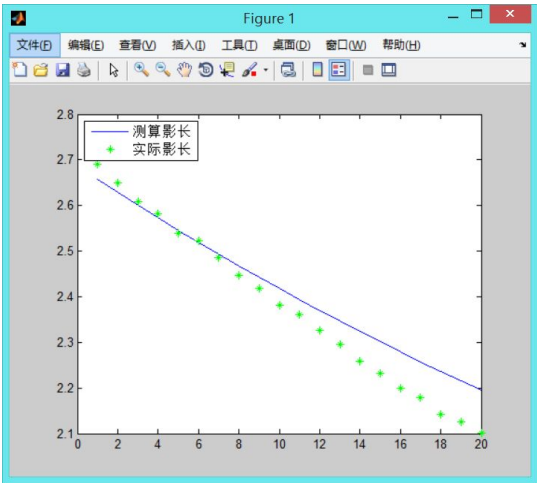


图三十、长春



图三十一、菲律宾

下面通过函数拟合对预测数据和真实影子长度进行拟合，拟合效果图如下：



图三十二表一是第一个数据的拟合效果 图三十三表二是第二个数据的拟合效果

七、模型的优缺点

优点：

本文通过对附件 4 的视频进行了逐帧处理，使得视频转变为了黑白的影子长度图，运用编程通过选取的杆件长度并与真实杆长形成比例用于估计影子长度，这个方法可以便捷的对视频资料进行处理得到可以用的数据，在问题的环境下建立了合理的优化拟合模型，可以快速准确的对影子长度曲线、拍摄日期、拍摄地点经纬度等参数进行求解。

缺点：

对视频的处理只能人工的对直杆长度和影子长度进行鼠标选取，耗费大量人力物力，并由于人工选取数据，有时会带来较大的人为误差，所以还是需要对模型进行优化，减小人为误差。

八、文献

- [1] 中国气象局 地面气象观测规范 2003
- [2] IEA Compared Assessment of Selected Environment Indicators of Photovoltaic Electricity in OECD Cities 2006
- [3] 倪育才 空气折射率艾德林公式的修改 1998
- [4] 韩燕; 强希文 大气折射率高度分布模式及其应用[期刊论文]红外与激光工程 2009 (2)
- [5] 胡润青 太阳能光伏系统的能量回收期有多长[期刊论文]]-太阳能 2008
- [6] 中国科学院资金山天文台, 中国天文历, 北京: 国家测绘总局出版, 1956
- [7] 於宗俦主编, 测量平差基础, 北京: 测绘出版社, 1982
- [8] New Comb, s., Tables of the Sun, Astr Papers, 1895, 6(1)
- [9] E. W, 伍拉德、G. M. 克莱门斯著, 全和钧译, 球面天文学, 北京: 测绘出版社, 1981
- [11] A. 丹容著, 李珩译, 球面天文学和天体力学引论, 北京: 科学院出版社, 1980
- [12] ILBETKOB K. A. 卢光巨译, 实用天文学, 北京: 国家测绘总局出版, 1956

九、附录

8.1 问题一的程序

```
%%2015 年 A 题第一问，影子长度问题

%%求太阳高度角： $\sin(h) = \sin(A) * \sin(B) + \cos(A) * \cos(B) * \cos(t)$ 

%%其中 phi 为观测地地理纬度，B 为太阳赤纬角，t 为太阳时角，太阳高度角为 H。

clear all

clc

Y=2015

N=294 %%10 月 22 日的积日

D=116,M=23 %%观测点经度为东经 116 度 23 分

A=(39+54/60+26/3600)*pi/180 %%纬度为 39° 54' 26''

l=3 %%杆子长度

XX=zeros(6,6),

FF=XX %%F,S 矩阵初始化用

for i=9:14

    XX(:,i-8)=i

end

S=reshape(XX,1,36)

for j=1:6

    PP(:,j)=5:10:55

end.

F=reshape(PP,1,36) %%构造时间序列 S 为小时，F 为分钟点，9 点 5 分，一直到 14
点 55 分，间隔为 10 分钟。

L=(D+M/60)/(15*24), %%经度差的修正值，东经取负，西经取正

W=(S+F/60)/24, %%时间差修正值。

dn=(W-L)

n0=79.6764+0.2422*(Y-1985)-floor(0.25*(Y-1985))

Q=2*pi*(N*ones(1,36)+dn-n0*ones(1,36))/365.2422 %%日角计算

Eq=(0.0028-1.9857*sin(Q)+9.9059*sin(2*Q)-7.0924*cos(Q)-0.6882*cos(2*Q))
```

```

)/(60*24) %%计算时差的经验公式,单位为: 分钟

EE=(S+F/60+(116+23/60-120)*4/60+Eq/60) %%EE 为真太阳时, 单位为时

t=(EE-12)*15*pi/180 %%太阳时角 %%接下来计算赤纬角

B=0.3723+23.2567*sin(Q)+0.1149*sin(2*Q)-0.1712*sin(3*Q)-0.7580*cos(Q)
+0.3656*cos(2*Q)+0.0201*cos(3*Q)

%%此为计算赤纬角

sinH=sin(A)*sin(B*pi/180)+cos(A)*cos(B*pi/180).*cos(t) %%此为计
算太阳高度角正弦值

H=asin(sinH) %%计算不同时刻点的太阳高度角

shade=l*cot(H) %%计算杆子阴影长度

plot(shade,'r') %%阴影长度描点连线

grid

xlabel('x 轴时间 T'),ylabel('y 轴影杆长度 H'),title('直杆的太阳影子长度的
变化曲线')

set(gca,'XTick',0:6:36)

set(gca,'XTickLabel',{'9 点','10 点','11 点','12 点','13 点','14 点
','15 点'})

```

8.2 问题二的程序

```

%%2015 年 A 题第二问,

%%自定义拟合函数 x(1) 为经度, x(2) 为纬度, x(3) 位杆长

function f=myfun(x,t)

Y=2015

N=107 %4 月 18 日的积日

L=x(1)/(15*24), %%L 经度差的修正值, 东经取负

W=t/24, %%时间差修正值。

dn=(W-L)

n0=79.6764+0.2422*(Y-1985)-floor(0.25*(Y-1985))

Q=2*pi*(N+dn-n0)/365.2422 %%日角计算

Eq=(0.0028-1.9857*sin(Q)+9.9059*sin(2*Q)-7.0924*cos(Q)-0.6882*cos(2*Q)

```

```

) %%计算时差, 单位为: 分钟

EE=(t+(x(1)*180/pi-120)*4/60+Eq/60) %%真太阳时, 单位为时

theta=(EE-12)*15*pi/180 %%太阳时角

B=0.3723+23.2567*sin(Q)+0.1149*sin(2*Q)-0.1712*sin(3*Q)-0.7580*cos(Q)
+0.3656*cos(2*Q)+0.0201*cos(3*Q) %%此为计算赤纬角, 单位为度

sinH=sin(x(2))*sin(B*pi/180)+cos(x(2))*cos(B*pi/180).*cos(theta)

%%此为计算太阳高度角正弦值

H=asin(sinH) %%计算不同时刻点太阳高度角

f=x(3)*cot(H) %计算杆子 阴影长度

```

8.3 问题三程序

```

%%2015 年 A 题第三问, 验证测算影长和实际影长是否相符.

%%自定义拟合函数 x(1) 为经度, x(2) 为纬度, x(3) 为杆长 x(4) 为日期

x=[ 1.4944
    0.4419
    2.0001
    90.3425]

t=12.68333333:0.05:13.68333333

Y=2015 %% 年份为 2015 年

N=x(4) %%4 月 18 日的积日

L=x(1)/(15*24), %%经度差的修正值, 东经取负, 西经取正

W=t/24, %%时间差修正值。

dn=(W-L)

n0=79.6764+0.2422*(Y-1985)-floor(0.25*(Y-1985))

Q=2*pi*(N+dn-n0)/365.2422 %%日角计算公式

Eq=(0.0028-1.9857*sin(Q)+9.9059*sin(2*Q)-7.0924*cos(Q)-0.6882*cos
(2*Q))

%%计算时差的经验公式, 单位为: 分钟

EE=(t+(x(1)*180/pi-120)*4/60+Eq/60) %%EE 为真太阳时, 单位为时

ta=(EE-12)*15*pi/180 %% 太阳时角

```

```
B=0.3723+23.2567*sin(Q)+0.1149*sin(2*Q)-0.1712*sin(3*Q)-0.7580*cos(Q)
+0.3656*cos(2*Q)+0.0201*cos(3*Q) %%计算赤纬角 公式
```

```
sinH=sin(x(2))*sin(B*pi/180)+cos(x(2))*cos(B*pi/180).*cos(ta)
```

```
%%计算太阳高度角正弦值的公式
```

```
H=asin(sinH) %%计算不同时刻点 太阳高度角
```

```
f=x(3)*cot(H) %%计算杆子影长
```

```
plot(f)
```

```
hold on
```

```
sf=[1.247256205
```

```
1.22279459
```

```
1.198921486
```

```
1.175428964
```

```
1.152439573
```

```
1.12991747
```

```
1.10783548
```

```
1.086254206
```

```
1.065081072
```

```
1.044446265
```

```
1.024264126
```

```
1.004640314
```

```
0.985490908
```

```
0.966790494
```

```
0.948584735
```

```
0.930927881
```

```
0.91375175
```

```
0.897109051
```

```
0.880973762
```

```
0.865492259
```

```

0.850504468

] %%视频读取的影子长度

plot(sf,'g*')

legend('预测影长','真实影长','location','northwest')

```

8.3 问题四程序

```

clear all %%视频中直杆的长度截取程序

clc

AA=VideoReader('Appendix4.avi')

frame=read(AA,30)

grayframe=rgb2gray(frame)

imshow(grayframe)

[x,y]=ginput(2) %%点直杆低端和直杆顶端两点，作为直杆的长度

ff=sqrt((x(1)-x(2))^2+(y(1)-y(2))^2)

```

%%对视频资料进行逐帧处理，并进行灰度化处理，然后通过数遍选取点得到视频中影子的长度坐标程序

```

clear all

clc

AA=VideoReader('Appendix4.avi')

for i=1:20

frame=read(AA,2*i*60*AA.framerate)

grayframe=rgb2gray(frame)

zoomdframe=grayframe(800:1000,850:1700)

ssi=im2bw(zoomdframe,205/255)

imshow(ssi)

[x,y]=ginput(2)

f(i)=sqrt((x(1)-x(2))^2+(y(1)-y(2))^2)

End

```

%%直杆的视频数据与真实数据的比例计算

f=fCopy

k=f f / 2

h=f*k