

实验 1 L2 全球海表温度变化分析

编写人：孟文怡（报告撰写与代码编写）、蒋浩宇（内容设计与完善）

一、实验目的

1. 了解如何获取全球海表面温度数据；
2. 初步掌握用 matlab 对网格化数据进行时空分析的思路；
3. 复习用 matlab 数据可视化的基本操作。

二、实验任务

- 1、在 <https://psl.noaa.gov/data/gridded/tables/sst.html> 下载 OISST V2 1990 年至今的 SST 月分辨率数据（sst.wkmean.1990-present.nc）
- 2、用 Matlab 进行数据的信息查询和读取。
- 3、画出 1990 年 1 月 SST 的全球分布图，标题、网格、坐标轴、colorbar 的要素都要有。
- 4、画出 1990 年-2019 年 SST 平均值的全球分布图。
- 5、选择一个位置，画出该点 1990-2019 年海表面温度的时间序列，并利用线性拟合计算出该点海表面温度上升的趋势。
- 6、画出 1990 年-2019 年 SST 变化趋势的全球分布图。

三、实验步骤

1. 下载数据

- 1、登录 <https://psl.noaa.gov/> 网站，浏览网站信息。
- 2、找到数据获取页面，按照数据目录找到需要的数据，下载 sst.wkmean.1990-present.nc。

1

Data Products News | Events

All

Gridded Climate

Profiler Network Data & Image Library

Research Cruises

2 Climate Datasets: By Category

All

Sub-daily

Daily

Monthly

Surface

Temperature

SST

Precipitation

3 Temperature (NOAA GlobalTemp)

NOAA ERSST V4 dataset.

NOAA Optimum Interpolation (OI) SST V2

Produced weekly on a 1° grid. The analysis uses in situ and satellite SST's plus SST's simulated by sea-ice cover. Before the analysis is computed, the satellite data is adjusted for biases. Monthly and monthly long-term means are also available.

NODC (Levitus) World Annual, seasonal and monthly long term means for temperature and

Download/Plot Data:

4

Variable	Statistic	Level	Download File	Create Plot/Subset
Sea Surface Temperature	Mean	Surface	sst.wkmean.1981-1989.nc	
			sst.wkmean.1990-present.nc	
Ice Concentration	Mean	Surface	icec.wkmean.1981-1989.nc	
			icec.wkmean.1990-present.nc	
Normalized Error Variance	Mean	Surface	err.wkmean.1981-1989.nc	
			err.wkmean.1990-present.nc	
Sea Surface Temperature	Mean	Surface	sst.mnmean.nc	
Ice Concentration	Mean	Surface	icec.mnmean.nc	
Sea Surface Temperature	Long Term Mean	Surface	sst.ltm.1961-1990.nc	
			sst.ltm.1971-2000.nc	
Land Sea Mask	Mask	Surface	lsmask.nc	

2. 读取数据信息

Matlab 窗口输入以下内容：

```
filename = 'sst.wkmean.1990-present.nc';    %文件名
ncdisp(filename);    %显示头文件，查看数据信息
```

在命令行窗口可以看到数据的位置、类型、全局属性、变量以及文件夹等信息，如下图所示：

```

Format:
    classic
Global Attributes:
    title      = 'NOAA Optimum Interpolation (OI) SST V2'
    Conventions = 'CF-1.0'
    history    = 'Created 10/2002 by RHS'
    comments   = 'Data described in Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M.
                  Smith, D.C. Stokes, and W. Wang, 2002: An Improved In Situ and Satellite
                  SST Analysis for Climate, J. Climate'
    platform   = 'Model'
    source      = 'NCEP Climate Modeling Branch'
    institution = 'National Centers for Environmental Prediction'
    References  = 'https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html'
    NCO         = '4.0.0'
    dataset_title = 'NOAA Optimum Interpolation (OI) SST V2'
    source_url  = 'http://www.emc.ncep.noaa.gov/research/cmb/sst_analysis/'

Dimensions:
    lat  = 180
    lon  = 360
    time = 1590 (UNLIMITED)
    nbnds = 2

Variables:
    lat
        Size:      180x1
        Dimensions: lat
        Datatype:   single

```

3. 数据读取

读取 nc 数据的命令是 ncread，结合数据信息，利用此命令将经纬度、时间和海表面温度信息读入数组中。

```

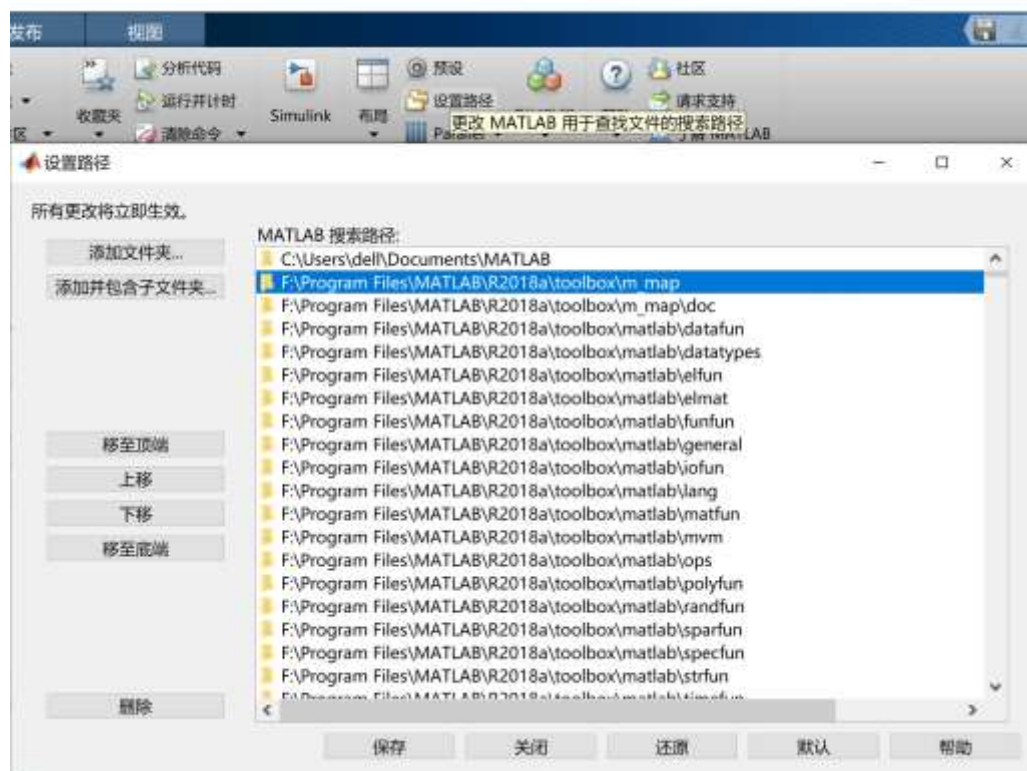
lon = ncread(filename,'lon');    %读取文件里的变量，经度
lat = ncread(filename,'lat');    %纬度
sst = ncread(filename,'sst');    %海表温度
time = ncread(filename,'time');  %时间
time_bnds = ncread(filename,'time_bnds'); %时间段

```

4. 画出 1998 年和 1990 年-2019 年 SST 平均值的全球分布图

在 matlab 进行地图绘制方法众多，m_map 模块包是一个很常用的插件。m_map 模块包下载以及介绍：<https://www.eoas.ubc.ca/~rich/map.html>

完成 m_map 模块包的下载后，复制进 Matlab 的 toolbox 文件夹中，在 Matlab-主页-设置路径-添加并包含子文件夹中，选择 m_map，即能添加路径，可以在设置路径窗口中查看是否成功。



接着筛选规定时间内的数据，以下代码筛选出 1990 年 1 月的 sst 数据，使用 datenum 将具体日期转换为和变量 time 一致的时间数，使用 find 查找需要的时间，datestr 可以检验查找出的时间是否符合要求。

```

startdate = [1800,1,1];    %days since 1800-1-1 00:00:00, 起始时间
time1 = datenum(1998,1,1) - datenum(startdate);    %1990.1.1 距起始时间的天数
time2 = datenum(1998,12,31) - datenum(startdate);    %1990.1.31 距起始时间的天数
trange = find(time>=time1 & time<=time2);    %找出所有一月的数据
mytime = datenum(startdate) + time(trange);    %查看日期
xltime = datestr(mytime,'yyyy-mm-dd');    %时间转化为字符数组
sst1998 = mean(sst(:,:,trange),3);    %平均

```

在绘制地图之前，先对经度、纬度进行网格化，经纬度网格与 sst 保持一致。

```
[lat,lon]=meshgrid(lat,lon);
```

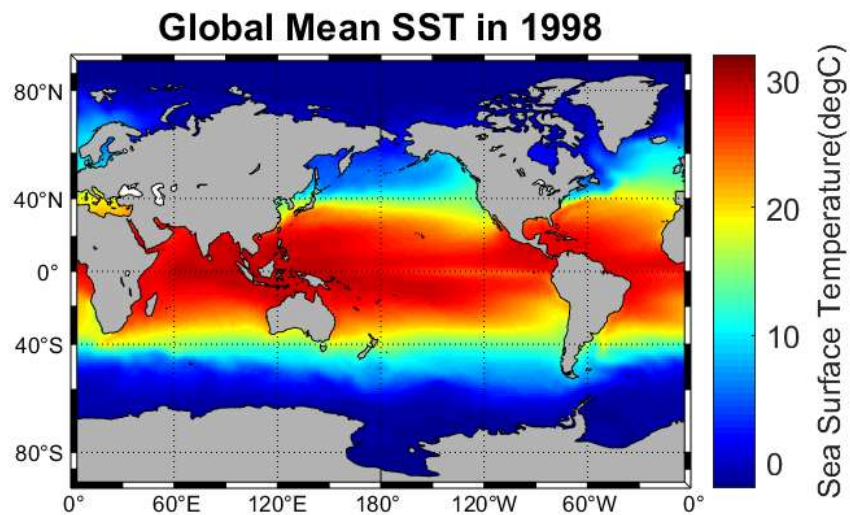
数据准备完成，开始做图，以下是绘图代码

```

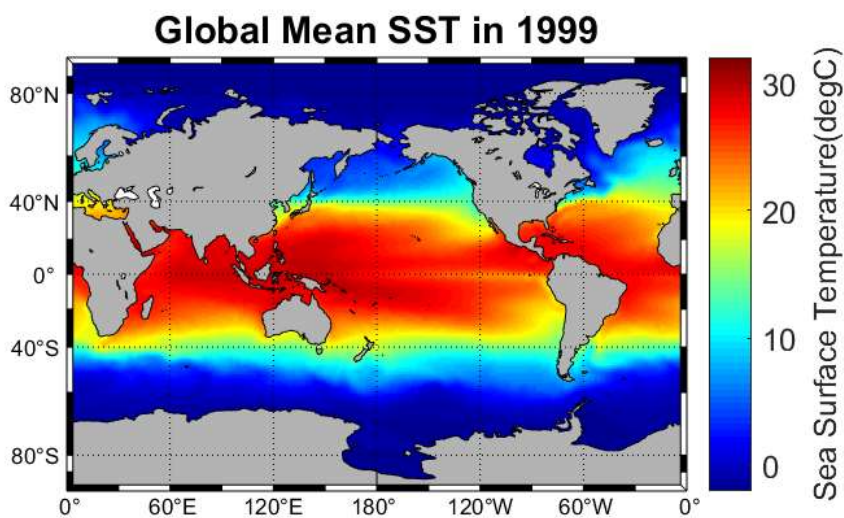
figure(); %开始绘制前，用 figure() 生成画布
m_proj('miller','lon',[0,360],'lat',[-88,88]); %投影模式
m_pcolor(lon,lat,sst1998); %色彩示意图
shading flat; %隐藏阴影
colormap(jet); %色调模式
m_coast('patch',[.7 .7 .7]); %海岸线，填充灰色
m_grid('box','fancy','tickdir','in'); %整饰边框
set(gca,'fontsize',16); %设置字体字号为 16
c = colorbar;
c.Label.String = 'Sea Surface Temperature(degC)'; %标注 colorbar
caxis([-2 2]) %设置 colorbar 上下限
title('SST anomaly in 1998'); %添加标题

```

结果如下：

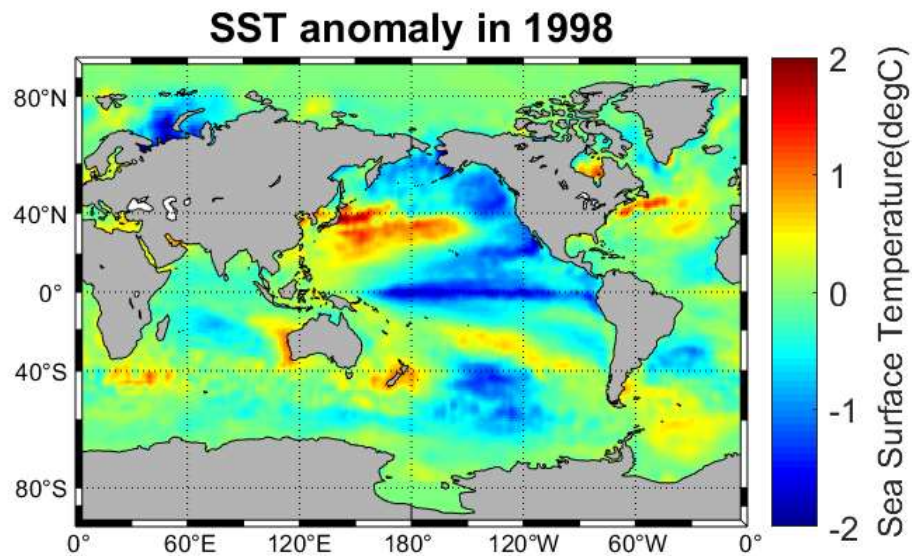


利用类似的代码画出 1999 年的平均 SST



利用类似的代码画出 1990 年-2019 年多年的 SST 平均值。

进一步分别尝试画出 1998 和 1999 年的 SST Anomaly (距平), 即某年的均值与多年均值的差值。能否发现 1998 年的数据和 1999 年的数据有什么区别?



5. 利用线性拟合计算海表面温度上升的趋势

使用函数 `polyfit` 进行线性拟合, 拟合结果能写为: $y=kx+c$, y 代表海表面温度, x 代表时间, k 可以反应温度变化的速率, c 为常数项。

为计算一点的 1990 年-2019 年 SST 变化趋势, 先筛选出 1990 至 2019 年的数据, 之前已经做过, 直接使用, 这里选取东经 173.5 度北纬 45.5 度进行分析, 代码如下:

```
stdate = [1800,1,1];    %days since 1800-1-1 00:00:00, 起始时间
time1 = datenum(1990,1,1) - datenum(stdate);    %1990.1.1 距起始时间的天数
time2 = datenum(2019,12,31) - datenum(stdate);    %1990.1.31 距起始时间的天数
trange = find(time>=time1 & time<=time2);
time9019 = time(trange);
sst1 = squeeze(sst(174,45,trange));
p = polyfit(time9019,sst1,1);    %返回斜率, x=0 时 y 的值
yi = polyval(p,time9019);    %拟合结果, 等效于 yi2 = p(1)* time9019 + p(2);
```

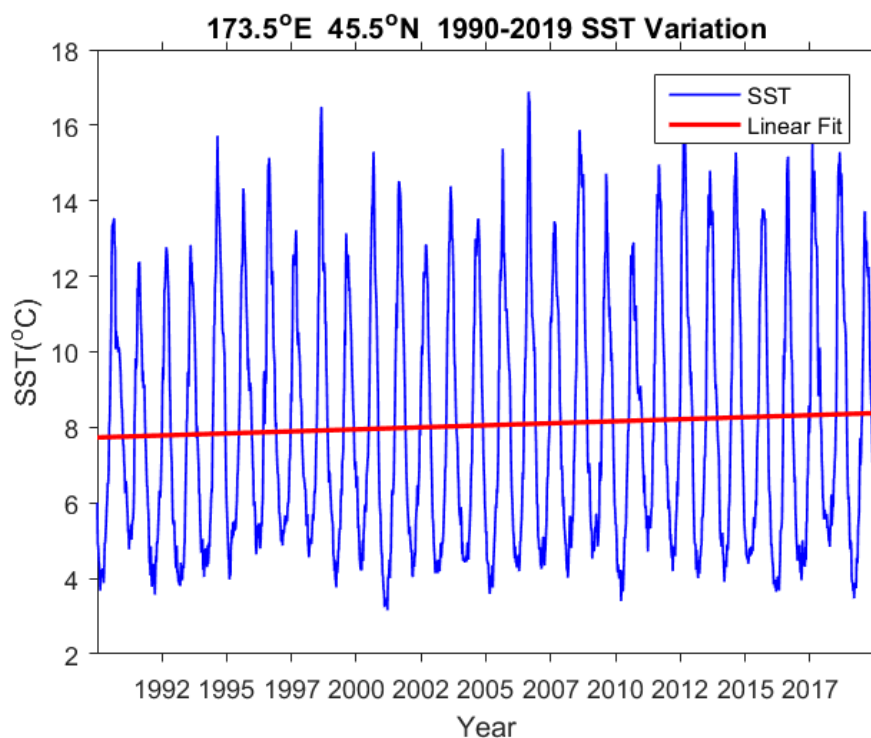
结合这一点的海表面温度的时间序列, 画出拟合结果:

```

figure;
plot(time9019+datenum(1800,1,1),sst1,'color','blue','LineWidth',
1)%画时间序列
xlim([time9019(1)+datenum(1800,1,1),time9019(end)+datenum(1800,1
,1)]);    %x 轴限制
datetick('x','yyyy','keeplimits'); %使用时间坐标轴
set(gca,'fontsize',11);    %字体 11 号
set(gca,'tickdir','out');
xlabel('Year');
ylabel('SST(^oC)');
title('173.5^oE 45.5^oN 1990-2019 SST Variation');
hold on
plot(time9019+datenum(1800,1,1),yi,'color','red','LineWidth',2);
%画拟合曲线
legend('SST','Linear Fit');

```

结果如下：



全球海表温度变化的趋势，就是把一点的趋势拟合扩展到全球，所有数据点都拟合一次，取拟合结果的斜率乘以 29 年的时间，作为温度变化趋势的指标，代码如下：

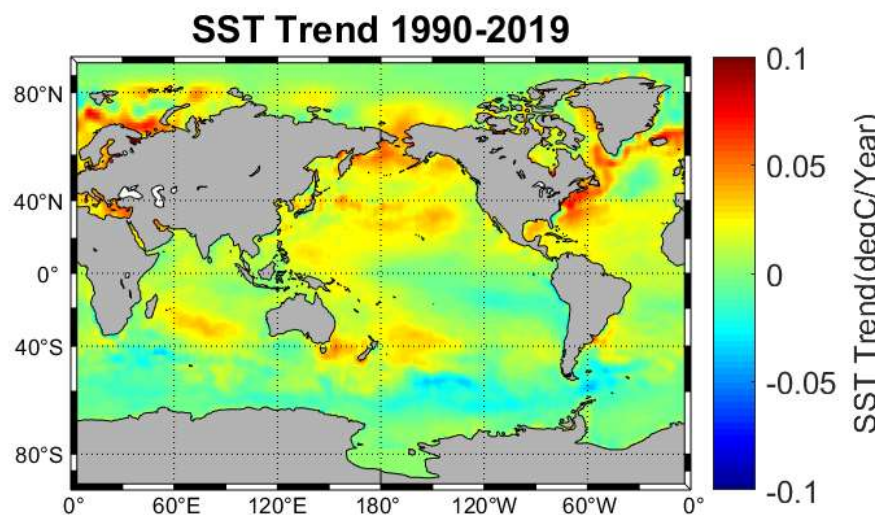
```

trendsst = zeros(360,180); % 先定义一个矩阵存储趋势
for n=1:360
    for m=1:180
        sst1 = squeeze(sst(n,m,trange));
        %线性拟合
        p = polyfit(time9019,sst1,1); %返回斜率, x=0 时 y 的值
        trendsst (n,m) = p(1)*365.25; %拟合直线的斜率即趋势,度/天
    end
end
end

```

得到变化趋势的数据后, 重复第 4 步全球 SST 分布的画法, 绘制全球 SST 变化趋势全球分布。

结果如下:



6. 图片保存

在 Matlab 图片窗口选择 ‘文件-导出设置-渲染-分辨率 300dpi’, 并保存为 tif 文件。



四、课堂/课后作业：

1.基本内容

- 1、画出 1990 年-2019 年多年的 SST 平均值。
- 2、进一步分别尝试画出 1998 和 1999 年的 SST Anomaly (距平)，即某年的均值与多年均值的差值。能否发现 1998 年的数据和 1999 年的数据有什么区别？为什么？
- 3、绘制 1990 年-2019 年全球 SST 变化趋势全球分布。
- 4、绘制 1990 年-2019 年全球不同位置 SST 最大和最小值，以及最大最小值差值的分布，并描述分布的特征。
- 5、绘制 1990 年-2019 年全球不同位置 SST 的标准差，并描述分布特征。
- 6、选取 180° 经线上 5 个不同纬度 (0° , 20° N, 40° N, 60° N, 80° N) 的点，在同一张图上画出他们 1990 年-2000 年温度变化的曲线，能够发现什么规律？
- 7、另选取 180° 经线上 5 个不同纬度 (60° S, 30° S, 0° , 30° N, 60° N) 的点，在同一张图上画出他们 1990 年-2000 年温度变化的曲线，能够发现什么规律？
- 8、选择 1989+自己的学号作为自己的目标年份，利用 for 循环作出这一年以及下一年每周 SST 及 SST 异常 (距平) 随时间的变化，变化有什么规律？(动画可参考以下代码)

```
% Matlab 实现一个简单的动画 %%  
x=0:0.01:6*pi;  
for t = 1:240  
    y=sin(x+t*0.05); plot(y);  
    M(t)=getframe; %将当前的图片作为动画的一帧保留  
end  
movie(M,1,24) %作动画
```

报告提交内容：(1) 数据、(2) 所有的 .m/.py 的完整程序源代码、(3) 输出的图片(动画不用保存)、(4) 报告正文，打包放在一个文件夹中。要求运行代码即可完成结果的输出。