

数值天气预报课程作业

吴浩杰 20221170212

1 实习四

极射赤面投影的地图放大系数和科里奥利参数

1.1 实习目的

通过编程计算，使学生掌握极射赤面投影的地图放大系数和科里奥利参数的计算方法

1.2 实习要求

编写并提交计算极射赤面投影的地图放大系数和科里奥利参数的相关程序。要求学生在机房现场操作，参考沈桐立等 (2015) 关于极射赤面投影相关内容，撰写实习报告，教师进行随堂讲解和指导。

1.3 实习内容

编写 MATLAB 子程序，输入 a 、 Ω 、 l_e 和格点坐标，计算极射赤面投影的地图放大系数和科里奥利参数。

在极射赤面投影下，选取一矩形网格，参考点 O 为 $(50^\circ\text{N}, 100^\circ\text{E})$ ，网格距 100 km，网格点向北 6 个，向东 7 个。计算网格上各点的地图放大系数和科里奥利参数（可先根据式 (4.1) 求出 O 点到北极点的距离，在此基础上求出其他格点到北极点的距离，再根据公式 (4.5) 和公式 (4.6) 求出地图放大系数和科里奥利参数。

Listing 1: 极射赤面投影的地图放大系数

```
1
2  import numpy as np
3
4  def magnification_factor_and_coriolis_parameter(proj, ln, Jn
5      , d):
6      """
7      计算放大系数和科里奥利参数
```

```

7
8     参数:
9     proj -- 投影类型, 例如 'stereographic'
10    In, Jn -- 网格坐标
11    d -- 网格间距
12
13    返回:
14    m -- 放大系数
15    f -- 科里奥利参数
16    """
17    a = 6371 # 地球半径
18    omega = 7.292e-5 # 地球自转角速度
19
20    if proj == 'stereographic':
21        le = 11888.45
22        l = np.sqrt((In**2 + Jn**2) * d**2)
23        m = (2 + np.sqrt(3)) / 2 / (1 + ((le**2 - l**2) / (
24            le**2 + l**2)))
25        f = 2 * omega * ((le**2 - l**2) / (le**2 + l**2))
26
27    return m, f
28
29    # 示例使用
30    if __name__ == "__main__":
31        # 示例参数
32        proj = 'stereographic'
33        In = 10
34        Jn = 10
35        d = 100
36
37        # 计算放大系数和科里奥利参数
38        m, f = magnification_factor_and_coriolis_parameter(proj,
39            In, Jn, d)
40
41        print(f"放大系数 (m): {m}")
42        print(f"科里奥利参数 (f): {f}")

```

Listing 2: 二维和三维可视化分析代码

```

1
2     import numpy as np
3     import matplotlib.pyplot as plt
4     from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
5     from 实习内容 import

```

```

        magnification_factor_and_coriolis_parameter

6
7 # 设置matplotlib支持中文显示
8 plt.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei'] # 用来正常显示
    中文标签
9 plt.rcParams['axes.unicode_minus'] = False # 用来正常显示负
    号
10
11 def visualize_parameters():
12     # 创建网格点
13     x = np.linspace(0, 100, 50) # 0-100范围内的50个点
14     y = np.linspace(0, 100, 50) # 0-100范围内的50个点
15     X, Y = np.meshgrid(x, y)
16
17     # 计算每个网格点的放大系数和科里奥利参数
18     M = np.zeros_like(X)
19     F = np.zeros_like(X)
20
21     # 计算经纬度（假设标准纬度70°N，中心经度为100°E）
22     standard_lat = 70
23     center_lon = 100
24     lat = standard_lat - Y * 0.1 # 每个网格点对应约0.1度纬
        度变化
25     lon = center_lon + X * 0.1 # 每个网格点对应约0.1度经度
        变化
26
27     for i in range(X.shape[0]):
28         for j in range(X.shape[1]):
29             m, f =
                magnification_factor_and_coriolis_parameter('
                    stereographic', X[i,j], Y[i,j], 100)
30             M[i,j] = m
31             F[i,j] = f
32
33     # 创建图形 - 三维分布
34     fig1 = plt.figure(figsize=(15, 6))
35
36     # 绘制放大系数的3D曲面图
37     ax1 = fig1.add_subplot(121, projection='3d')
38     surf1 = ax1.plot_surface(lon, lat, M, cmap='viridis')
39     ax1.set_xlabel('经度 (°E)')
40     ax1.set_ylabel('纬度 (°N)')
41     ax1.set_zlabel('放大系数 (m)')

```

```

42     ax1.set_title('放大系数的三维分布')
43     fig1.colorbar(surf1, ax=ax1, shrink=0.5, aspect=5)
44
45     # 绘制科里奥利参数的3D曲面图
46     ax2 = fig1.add_subplot(122, projection='3d')
47     surf2 = ax2.plot_surface(lon, lat, F, cmap='viridis')
48     ax2.set_xlabel('经度 (°E)')
49     ax2.set_ylabel('纬度 (°N)')
50     ax2.set_zlabel('科里奥利参数 (f)')
51     ax2.set_title('科里奥利参数的三维分布')
52     fig1.colorbar(surf2, ax=ax2, shrink=0.5, aspect=5)
53
54     plt.tight_layout()
55
56     # 创建图形 - 等值线分布
57     fig2 = plt.figure(figsize=(15, 6))
58
59     # 绘制放大系数的等值线图
60     ax3 = fig2.add_subplot(121)
61     contour1 = ax3.contourf(lon, lat, M, levels=20, cmap='
        viridis')
62     ax3.set_xlabel('经度 (°E)')
63     ax3.set_ylabel('纬度 (°N)')
64     ax3.set_title('放大系数的等值线分布')
65     fig2.colorbar(contour1, ax=ax3)
66
67     # 绘制科里奥利参数的等值线图
68     ax4 = fig2.add_subplot(122)
69     contour2 = ax4.contourf(lon, lat, F, levels=20, cmap='
        viridis')
70     ax4.set_xlabel('经度 (°E)')
71     ax4.set_ylabel('纬度 (°N)')
72     ax4.set_title('科里奥利参数的等值线分布')
73     fig2.colorbar(contour2, ax=ax4)
74
75     plt.tight_layout()
76     plt.show()
77
78     if __name__ == "__main__":
79         print("开始可视化分析放大系数和科里奥利参数...")
80         visualize_parameters()

```

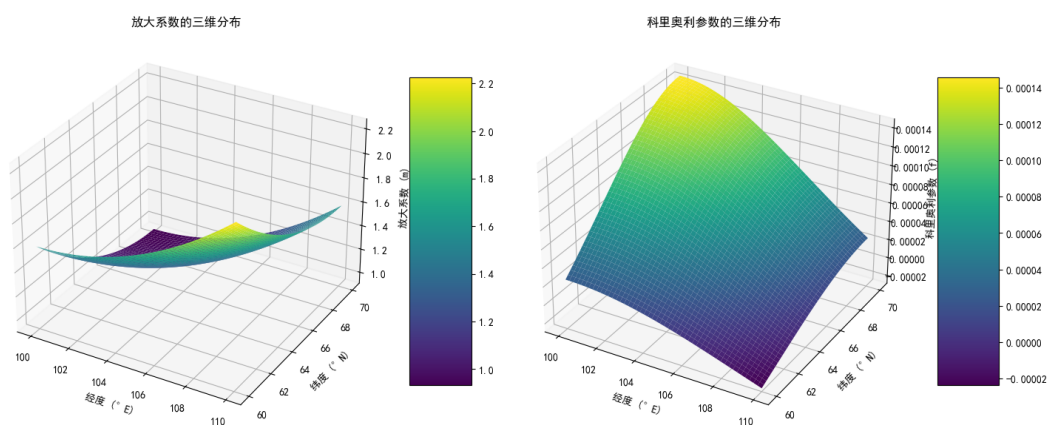


Figure 1: 三维可视化分析放大系数和科里奥利参数

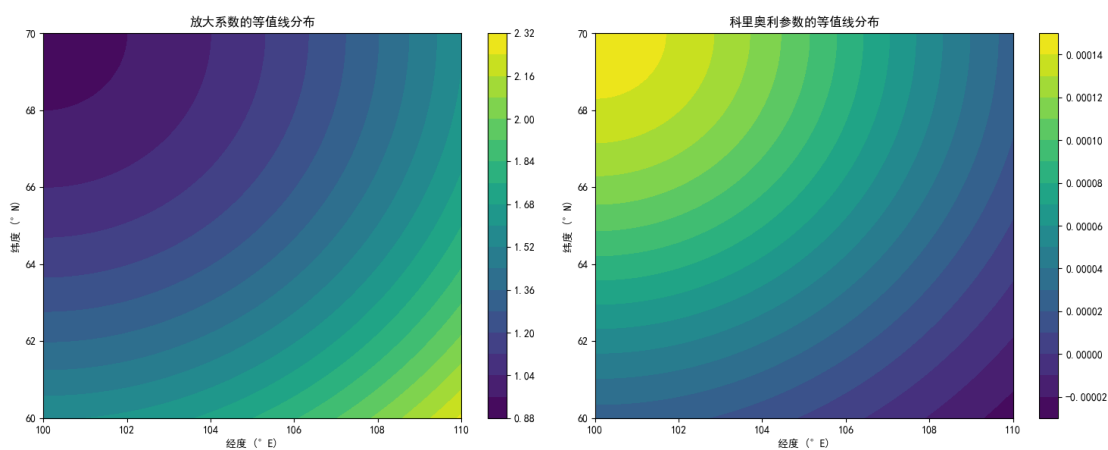


Figure 2: 放大系数和科里奥利参数的等值线分布

1.4 习题一

试求极射赤面投影下位于 50°N 、 60°N 、 70°N 、 80°N 的矩形网格点的地图放大系数和科里奥利参数。

Listing 3: 习题一

```
1
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 from 实习内容 import
5     magnification_factor_and_coriolis_parameter
6
7 # 设置matplotlib支持中文显示
```

```

7 plt.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei'] # 用来正常显示
    中文标签
8 plt.rcParams['axes.unicode_minus'] = False # 用来正常显示负
    号
9
10 def calculate_parameters_for_latitudes():
11     # 设置纬度值
12     latitudes = [50, 60, 70, 80]
13
14     # 设置网格参数
15     d = 100 # 网格间距
16     proj = 'stereographic'
17
18     # 存储计算结果
19     m_values = []
20     f_values = []
21
22     # 为每个纬度计算参数
23     for lat in latitudes:
24         In = lat
25         Jn = lat
26
27         # 计算放大系数和科里奥利参数
28         m, f = magnification_factor_and_coriolis_parameter(
                proj, In, Jn, d)
29         m_values.append(m)
30         f_values.append(f)
31
32         print(f"\n纬度 {lat}°N 的计算结果: ")
33         print(f"放大系数 (m): {m:.6f}")
34         print(f"科里奥利参数 (f): {f:.6e}")
35
36     # 创建图形
37     plt.figure(figsize=(12, 5))
38
39     # 绘制放大系数
40     plt.subplot(1, 2, 1)
41     plt.plot(latitudes, m_values, 'bo-', linewidth=2)
42     plt.title('不同纬度的地图放大系数')
43     plt.xlabel('纬度 (°N)')
44     plt.ylabel('放大系数 (m)')
45     plt.grid(True)
46

```

```

47     # 绘制科里奥利参数
48     plt.subplot(1, 2, 2)
49     plt.plot(latitudes, f_values, 'ro-', linewidth=2)
50     plt.title('不同纬度的科里奥利参数')
51     plt.xlabel('纬度 (°N)')
52     plt.ylabel('科里奥利参数 (f)')
53     plt.grid(True)
54
55     plt.tight_layout()
56     plt.show()
57
58     if __name__ == "__main__":
59         print("计算极射赤面投影下不同纬度的地图放大系数和科里奥
60             利参数：")
61         calculate_parameters_for_latitudes()

```

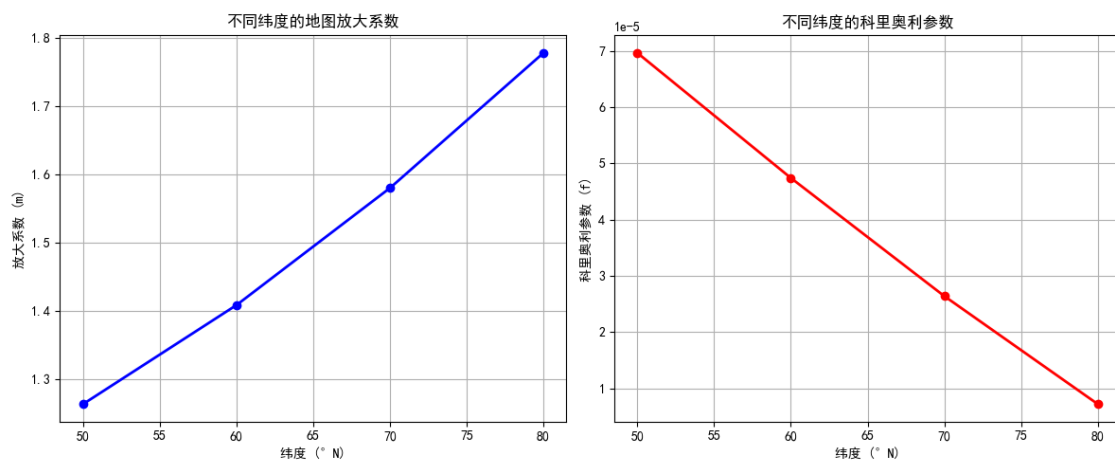


Figure 3: 不同纬度的地图放大系数和科里奥利参数

1.5 习题二

把极射投影标准纬度变为 70°N，选取一矩形网格，左下角原点 O 为 (100°E, 50°N)，网格距 100 km，网格点向北 6 个，向东 7 个。计算网格上各点的地图放大系数和科里奥利参数。

Listing 4: 习题二

```

1
2     import numpy as np
3     import matplotlib.pyplot as plt
4     from 实习内容 import
5         magnification_factor_and_coriolis_parameter
6
7     # 设置matplotlib支持中文显示

```

```

7 plt.rcParams['font.sans-serif'] = ['SimHei'] # 用来正常显示
    中文标签
8 plt.rcParams['axes.unicode_minus'] = False # 用来正常显示负
    号
9
10 def calculate_grid_parameters():
11     # 设置网格参数
12     d = 100 # 网格间距 (km)
13     rows = 6 # 向北的网格点数
14     cols = 7 # 向东的网格点数
15     proj = 'stereographic'
16
17     # 创建网格点坐标矩阵
18     lat_start = 50 # 起点纬度 (°N)
19     lon_start = 100 # 起点经度 (°E)
20
21     # 存储计算结果
22     m_values = np.zeros((rows, cols))
23     f_values = np.zeros((rows, cols))
24
25     # 为每个网格点计算参数
26     for i in range(rows):
27         for j in range(cols):
28             # 计算当前网格点的坐标
29             lat = lat_start + i
30             lon = lon_start + j
31
32             # 计算放大系数和科里奥利参数
33             m, f =
                magnification_factor_and_coriolis_parameter(
                    proj, lat, lon, d)
34             m_values[i, j] = m
35             f_values[i, j] = f
36
37             print(f"网格点 ({lon}°E, {lat}°N) 的计算结果: ")
38             print(f"放大系数 (m): {m:.6f}")
39             print(f"科里奥利参数 (f): {f:.6e}\n")
40
41     # 创建网格点的经纬度坐标
42     lons = np.array([lon_start + j for j in range(cols)])
43     lats = np.array([lat_start + i for i in range(rows)])
44     lon_grid, lat_grid = np.meshgrid(lons, lats)
45

```



```

46 # 创建图形
47 plt.figure(figsize=(15, 6))
48
49 # 绘制放大系数等值线图
50 plt.subplot(1, 2, 1)
51 contour = plt.contourf(lon_grid, lat_grid, m_values)
52 plt.colorbar(contour, label='放大系数 (m)')
53 plt.title('网格点的地图放大系数分布')
54 plt.xlabel('经度 (°E)')
55 plt.ylabel('纬度 (°N)')
56
57 # 绘制科里奥利参数等值线图
58 plt.subplot(1, 2, 2)
59 contour = plt.contourf(lon_grid, lat_grid, f_values)
60 plt.colorbar(contour, label='科里奥利参数 (f)')
61 plt.title('网格点的科里奥利参数分布')
62 plt.xlabel('经度 (°E)')
63 plt.ylabel('纬度 (°N)')
64
65 plt.tight_layout()
66 plt.show()
67
68 if __name__ == "__main__":
69     print("计算极射投影（标准纬度70°N）下的网格点参数：")
70     calculate_grid_parameters()

```

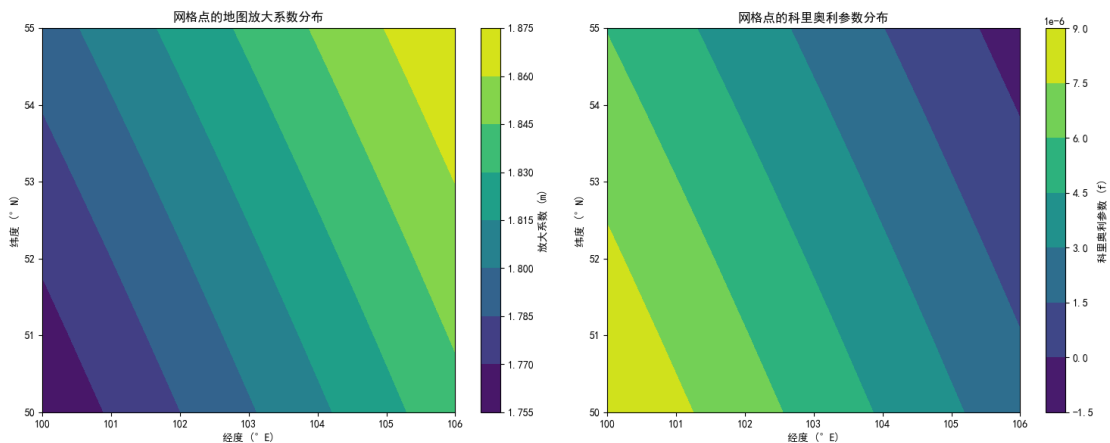


Figure 4: 网格点的地图放大系数和科里奥利参数