

Homework-02

date: 2020-04-21

author: 陈昱锜

目录

Homework-02

目录

一、要求

二、解题

2.1 建模

2.2 初始条件

2.3 使用Excel进行模拟

2.4 过程分析

2.4.1 情境1中的空间异质性

2.4.2 情境2中的空间异质性

2.4.4 地区1的变化差异

2.4.5 地区2的变化差异

2.4.6 地区3的变化差异

三、总结

一、要求

按照建立碳循环模型，然后探究三个地区在三种不同的温度变化（增温情境）下碳通量和碳储量的变化。

二、解题

解题过程分为3个部分：

- 建立模型
- 探究初始条件
- 使用Excel进行模拟
- 过程分析

2.1 建模

首先核心公式，NEP的变化

$$NEP(t) = GPP(t) - Ra(t) - Rh(t) \quad (1)$$

其中每年呼吸作用(Ra+Rh)的计算公式是：

$$Ra(t) + Rh(t) = C(t-1) \times K \times e^{aMAT(t)} \quad (2)$$

根据 $MAT = 0$ 时周转时间为40年，可以得到

$$K = \frac{1}{40}$$

根据题目给出的 Q_{10} ，可以得到参数 $a = \frac{\log 2}{10}$

$$Q_{10} = e^{10a} = 2$$

所以可以对呼吸作用的公式进行化简得

$$Ra(t) + Rh(t) = C(t - 1) \times K \times 2^{\frac{MAT(t)}{10}} \tag{3}$$

下文若无明确说明，将全部用呼吸作用（RES）代指Ra+Rh。

最后我们看一下GPP

$$GPP = GPP_{opt} \times T_{\varepsilon 2} \tag{4}$$

其中已知 $Gpp_{opt} = 1018, T_{opt} = 20$, 且

$$T_{\varepsilon 2}(t) = \frac{1.1814}{(1 + e^{0.2(T_{opt}-10-MAT(t))})(1 + e^{0.3(-T_{opt}-10-MAT(t))})} \tag{5}$$

2.2 初始条件

这样所有的公式参数都知道了，再看初始条件

根据 $t = 0$ 时， $NEP = 0$ ，可以知碳库C没有变化，再结合式(2)(4)(5)可以得到不同地区的初始碳库大小。

对于温度为0的地区

$$GPP = Ra + Rh$$
$$1018 \times \frac{1.1814}{(1 + e^{0.2(20-10-0)})(1 + e^{0.3(-20-10-0)})} = C(t = 0) \times \frac{1}{40} \times e^{\frac{\log 2}{10} \times 0}$$

据此可以计算出温度为年均温为0的地区初始碳库大小 $C = 5735.2$ 如法炮制可以计算出各个地区的初始碳库大小

表1：初始碳库大小

地区年均温	初始碳库大小C(0)
0	5735.2
5	12938
10	23053

注：计算由Matlab完成。

2.3 使用Excel进行模拟

根据 $C(t) = C(t - 1) + NEP(t)$ ，再结合2.1中得到的GPP、Ra+Rh、NEP计算公式，代入初始碳库大小C，就可以按照预设温度条件进行模拟了。

使用Excel模拟的过程数据放在文件 `homework-02-data.xlsx` 中

Excel 中工作表命名的说明:

情境1 对应1度增温情境（即第1问，所有组都要做的作业）

情境2 对应1度增温后的0.05度递增增温情境（即第5问，三组）

情境3 对应1度增温后的0.1度增温情境（即第6问，三组）

Excel 中图的说明:

左轴是GPP、Ra+Rh、NEP的坐标轴，右轴是碳库大小的坐标轴，横轴为时间（年）

我单独将折线图另保存为了png文件，文件名格式为figureX-Y.png，X是情境序号，1/2/3对应情境1/2/3，Y是地区序号，1/2/3对应地区温度0/5/10。

2.4 过程分析

我将模拟得到的数据重新整合，放在文件 `homework-02-analysis.xlsx` 中，方便进行后续的分析。

关于工作表的命名:

工作表名	分析内容
分析1	0度地区在三个温度变化情境下的模拟结果比较
分析2	5度地区在三个温度变化情境下的模拟结果比较
分析3	10度地区在三个温度变化情境下的模拟结果比较
分析4	情境1 下三个地区的模拟结果比较
分析5	情境2 下三个地区的模拟结果比较
分析6	情境3 下三个地区的模拟结果比较 ¹

关于列的命名

列名称由 `ABC X-Y` 构成，ABC即变量名，如GPP/RES/NEP/Csink²，X对应情境1/2/3，Y对应地区1/2/3。

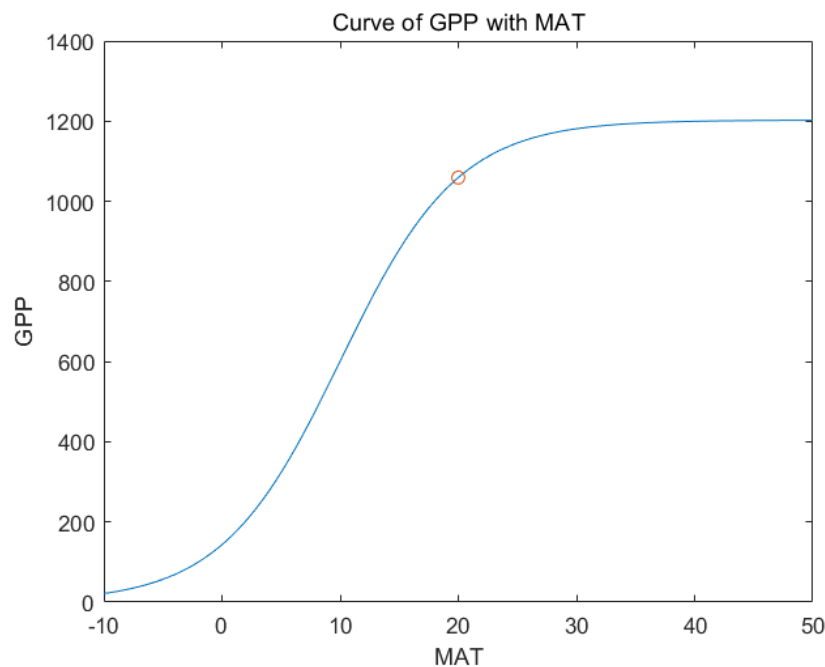
2.4.1 情境1中的空间异质性

- √ 发现NEP的变化差异主要是由于呼吸作用的反应不同导致的。我认为这是由于地区2/3的碳库大，所以导致温度上升后RES上升幅度大于GPP，使得地区2/3的Csink下降。
- √ 温度越高的地区碳库的变化幅度越大。但通量（GPP/RES）的变化幅度却更小。两个变化幅度间的差异还是由于碳库大小导致的。GPP变化有相同的变化趋势，或许可以看一看变化幅度

2.4.2 情境2中的空间异质性

- √ 发现Csink在10度地区竟然在增温后降到了最低
- √ ~~GPP在三个地区的后期都达到了顶峰~~
- √ 探究GPP随着温度的变化趋势，到底是怎样的？
- √ Csink的变化幅度并不是和初始碳库大小简单相关的，具体的相互关系是什么？

探究了GPP随温度的变化趋势，如图,随着温度的升高不断趋近于 ≈ 1200 的位置



2.4.4 地区1的变化差异

- √ ~~似乎最后都会趋近于平衡态(见2.4.5)，达到平衡态的时间可以代表什么特征？resilience?~~可能就不存在平衡态³，如何进行数学证明？
- √ 碳库越大的地方，达到平衡前储量的变化越大，这个地方看变化的绝对值还是相对值？分别有什么意义？

2.4.5 地区2的变化差异

- √ 如果将模拟的时间继续延长，会不会达到平衡态？即在温度不断变暖的情况下，依旧达到 $NEP = 0$ 的情况。
- √ ~~我觉得分析变化幅度也需要按照达到平衡态来分析。300年尺度上模拟，觉得情景2的变化幅度最小，但平衡状态不一定吧。温度持续增加的情况下，平衡态不一定存在的，有可能直接趋于毁灭了³。~~

2.4.6 地区3的变化差异

- √ 发现地区3的NEP一直为负。与地区2的比较后（相同的温度变化模式），我认为与该地区的碳库大，导致RES更强的结果。

三、总结

后续还有很多工作可以做

- 检验正确性：首先我不太确定K的求值方法是否正确，其次Excel的操作过程、公式的推导过程都有可能失误，希望能够有其他答案相互对照。
- 后续分析：有两个维度的比较可以进行，一个是同一温度变化条件下，三个地区的GPP、NEP变化，进行地区间的比较；另一个是同一地区不同温度变化条件下的比较，进行变暖条件之间的比较。
- 后续分析：注意到NEP的峰值，或许可以探究此时温度与 T_{opt} 的关系
- 后续比较的时候，一次比较可以只比较一个量，分析异同后结合其他通量、储量的变化进行归因。~~现在的9张图，将所有通量储量放在一起，看起来还是比较乱。~~可以在 `homework-02-analysis.xlsx` 中进行分析，看起来更清晰。需要关注的是碳库大小Csink 和 生产力GPP & 呼吸作用RES 这三个量，我觉得这三个量会比较关键。
- 数据误差：Excel和Matlab的运算结果稍有差异。我简单的用Matlab算了三个地区的初始碳储量，发现和Excel中的计算结果稍有差异的，可能的原因是计算精度不同。具体见表2.在Excel中进行模拟的时候，所有的数据都是从原始数据在Excel中计算得到的，没有使用Matlab中的计算结果。

表2: Matlab和Excel对初始碳库大小的计算差异

地区年均温	MATLAB结果	EXCEL结果
0	5735.2	5733.74
5	12938	12937.50
10	23053	24053.16

1. 情境1/2/3对应的温度变化情况可以看2.3中的说明。↩

2. Csink是碳库大小。↩

3. 见`homework-02-hypothesis.xlsx`中的模拟，地区2情景2/3的模拟最后都趋于毁灭了。↩↩