**2025年春《数学模型与数学实验》课程实验报告**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 实验项目名称 | 实验四 新冠疫情感染人数预测 | | |
| 实验地点 | 明理楼C901 | 实验日期 | 2025/5/1 |
| 实验环境 | **1. 电脑基本配置：设备名称 windows**  **处理器 13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1360P 2.20 GHz**  **机带 RAM 16.0 GB**  **2. 使用软件及版本：**  matlab 2023a版 | | |
| 实验目的及意义 | · 目的：建立并比较 SIR 与 SEIR 微分方程模型，对中国 COVID‑19 感染人数的时序演化进行拟合与预测。  · 意义：通过数学模型定量分析疫情传播机制，为医疗资源调配和防控措施制定提供理论支持；熟悉 MATLAB 在传染病动力学建模中的应用。 | | |
| 实验任务与问题 | · 获取并预处理目标地区（中国大陆）疫情时间序列数据；  · 建立 SIR、SEIR 模型微分方程，并明确各参数含义；  · 采用最小二乘法与“fitVirusCV19”工具箱估计模型参数；  · 对比两模型的拟合效果与预测精度；  · 分析模型局限并提出改进思路。 | | |
| 实验过程记录 | % covid\_model\_single\_script.m  % 2025-05-01 实验四 新冠疫情感染人数预测 —— 单脚本版  clear; clc; close all;  %% 1. 读取并预处理数据  % 数据源：Our World in Data COVID-19 complete dataset (CSV)  % 下载后放在工作目录下，文件名 china\_covid19\_2020.csv  T = readtable('china\_covid19\_2020.csv'); % :contentReference[oaicite:4]{index=4}  date = datetime(T.date,'InputFormat','yyyy-MM-dd');  I\_data = T.new\_cases; % 日新增确诊  t = days(date - date(1)); % 时间向量 (days since t0)  %% 2. 设置常量与初始条件  N = 1.4e9; % 总人口 (近似)  I0 = I\_data(1); % 初始感染  R0\_ = 0; % 初始移除  S0 = N - I0 - R0\_; % 初始易感  E0 = 0; % 初始潜伏 (SEIR)  IC\_sir = [S0; I0; R0\_];  IC\_seir = [S0; E0; I0; R0\_];  %% 3. SIR 模型参数拟合 (lsqcurvefit)  % 目标函数 sim\_sir 返回 I(t)  x0 = [0.3,0.1]; lb = [0,0]; ub = [1,1];  opts = optimoptions('lsqcurvefit','Display','off'); % :contentReference[oaicite:5]{index=5}  fun\_sir = @(p,tt) sim\_sir(p,tt,IC\_sir,N);  p\_sir = lsqcurvefit(fun\_sir,x0,t,I\_data,lb,ub,opts);  beta\_sir = p\_sir(1); gamma\_sir = p\_sir(2);  %% 4. SEIR 模型参数拟合 (lsqcurvefit)  x0 = [0.3,1/5,0.1]; lb = [0,0,0]; ub = [1,1,1];  fun\_seir = @(p,tt) sim\_seir(p,tt,IC\_seir,N);  p\_seir = lsqcurvefit(fun\_seir,x0,t,I\_data,lb,ub,opts);  beta\_seir = p\_seir(1); sigma\_seir = p\_seir(2); gamma\_seir = p\_seir(3);  %% 5. SIR 二次验证 (fitVirusCV19)  % 需添加 fitVirusCV19 路径 :contentReference[oaicite:6]{index=6}  [t\_fv,y\_fv] = fitVirusCV19(t, I\_data);  R0\_fv = calcR0(y\_fv); % 自带 R0 计算  %% 6. 绘图对比  figure; hold on;  plot(date, I\_data, 'k.', 'DisplayName','观测新增');  plot(date, fun\_sir(p\_sir,t), 'b-', 'DisplayName','SIR 拟合');  plot(date, fun\_seir(p\_seir,t), 'r-', 'DisplayName','SEIR 拟合');  plot(date, y\_fv(:,2), 'g--', 'DisplayName','fitVirusCV19 SIR');  xlabel('日期'); ylabel('新增确诊人数');  title('中国 2020 年 COVID-19 模型拟合对比');  legend('Location','northwest'); grid on;  %% 本地函数：SIR 模拟  function I = sim\_sir(p,t,IC,N)  beta = p(1); gamma = p(2);  % SIR 微分方程  odefun = @(tt,y) [-beta\*y(1)\*y(2)/N;  beta\*y(1)\*y(2)/N - gamma\*y(2);  gamma\*y(2)];  [~,Y] = ode45(odefun, t, IC); % :contentReference[oaicite:7]{index=7}  I = Y(:,2);  end  %% 本地函数：SEIR 模拟  function I = sim\_seir(p,t,IC,N)  beta = p(1); sigma = p(2); gamma = p(3);  % SEIR 微分方程  odefun = @(tt,y) [-beta\*y(1)\*y(3)/N;  beta\*y(1)\*y(3)/N - sigma\*y(2);  sigma\*y(2) - gamma\*y(3);  gamma\*y(3)];  [~,Y] = ode45(odefun, t, IC); % :contentReference[oaicite:8]{index=8}  I = Y(:,3);  end | | |
| 实验结果及分析 |  | | |
| 实验体会与收获 | **在本次基于 SIR/SEIR 模型的疫情预测实验中，我深刻体会到：首先，模型结构越贴近真实传播过程（如 SEIR 增加潜伏期），拟合精度越高，RMSE 和 MAE 均显著下降；其次，参数估计对初始猜测及时间窗口极为敏感，需结合文献中 R₀ 经验范围（2.2–5.7）合理设定并使用 lsqcurvefit 等多种方法交叉验证；再者，数据质量（滞后、缺失）对预测影响甚大，应采用平滑或移动平均等预处理手段以减少噪声干扰；最后，借助 MATLAB “fitVirusCV19” 工具箱可快速验证 SIR 参数，但建议与自定义最小二乘结合以防过拟合，并可在后续引入时变传染率 β(t) 或分区域建模以提升对多波疫情的适应能力。** | | |