

疾病传播和治理模拟器

PAX-12: 臧炫懿、周霁阳、胡吉祥

2024 年 6 月 29 日

1 名称和功能

本项目是基于 QT 的疾病传播和治理模拟器。旨在通过模拟疾病在人群中的传播过程，研究不同治理策略的效果。该模拟器可帮助公共卫生专家评估和优化疾病控制措施，提高学生对公共卫生的意识，和应对突发公共卫生事件的能力。

2 程序结构和模型

本程序主要由 PlagueSimulatorLib 和 Form 两部分组成。其中,PlagueSimulatorLib 完全由臧炫懿完成，主要负责构建数学模型以及后端的构建；Form 部分主要由周霁阳、胡吉祥共同完成，主要负责与用户的交互。

2.1 PlagueSimulatorLib

首先提出以下假设：

1. 病原体不发生变异或者变异基本不影响病原体的基本性质。
2. 各地交通足够发达，两地能够自由通行。
3. 各地区对政策具有良好的执行力，不发生逆反。
4. 在疾病特效药研发完成之前，病人无法自主清除病原体。
5. 疾病的感染情况每天会被准确无误地通报一次。

同时，将以下内容量化：疾病的传染、严重、致命、跨境力、地区抗性、尸体传播、治愈困难程度；地区的人口数量、人口密度、地区特性、科研能力、关注度、稳定度、地区权重。

为了便于描述数学模型，定义以下函数：

- $\text{Pop}(\text{populationType}, \text{day})$ 指的是 day 处 populationType 的数量。
- $\text{\#RAND}(\text{min}, \text{max})$ 指的是 min 到 max 的随机数。
- $\text{Ratio}(\text{populationType}, \text{day})$ 指的是 day 处 populationType 的比例。

于是我们构建了以下模型：

2.1.1 新增感染人口公式

$$\Delta\text{Pop}(I, 0) = \frac{I_c + \Delta I}{1000} \quad (1)$$

$$\times ((C_d + \Delta C) \times \text{Ratio}(D, -1) \times \Delta\text{Pop}(D, -1) + \rho) \quad (2)$$

$$\times \text{Pop}(I, -1) \times (1.2 - \text{Ratio}(I, -1)) \times \text{\#RAND}(0, 10) \quad (3)$$

式中 I_c 指的是地区真传，为地区真抗（加权平均数）乘病原体固有传播； ΔI 指的是政策导致的地区传播变动。 C_d 指的是病原体固有尸传， ΔC 指的是政策导致的地区尸传变动。 ρ 指的是地区真实密度，为地区固有密度乘上当前存活人口比例。

2.1.2 新增死亡人口公式

$$\Delta\text{Pop}(D, 0) = (D_d + \Delta D) \times \text{Pop}(I, -1) \times \frac{\text{\#RAND}(5, 10)}{6000} \quad (4)$$

式中 D_d 指的是病原体固有致命， ΔD 指的是政策导致的地区致死变动。

2.1.3 地区关注度

地区关注度是影响地区自动开政策时机的重要变量，当地区关注度达到一定程度就会自动开关注需求小于该值的政策。

关注度的计算公式为：

$$\text{Attention} = \left(\frac{S_d + \Delta S}{S_d + \Delta S + 30} \right)^2 \times \text{Ratio}^2(I, 0) \quad (5)$$

$$+ \frac{(S_d + \Delta S)^2}{100000} + \frac{3 \times \text{Ratio}(D, 0)}{0.3 + \text{Ratio}(D, 0)} \quad (6)$$

$$+ \frac{WK \times WA \times \text{Imp}_c}{1 + WK} \quad (7)$$

式中 S_d 指的是病原体固有严重, ΔS 指的是政策导致的地区严重变动。 WK 指的是世界互助系数, WA 指的是世界关注系数 (世界所有地区关注对地区权重的加权平均数)。 Imp_c 指的是地区权重。

2.1.4 地区恐慌度与秩序

地区恐慌度和秩序是影响地区解药研发投入量的重要变量, 一般的, 地区实际解药研发投入量等于地区秩序乘上地区理论解药研发投入量。而地区理论解药研发投入和地区关注成正相关。

同时, 如果地区秩序下降到达到 0 或者以下, 判定该地区为骚乱状态。处于骚乱状态的地区, 疾病的传染性和致死率会显著增加。

$$\text{Chaos} = \frac{2 \times \text{Ratio}^2(I, 0) \times \left(\frac{S_d + \Delta S}{S_d + \Delta S + 30} \right)^2}{18225 \times (\text{Ratio}(I, 0) + 0.5)} \quad (8)$$

$$+ 1.15 \times \text{Ratio}^2(D, 0) \quad (9)$$

一般的, 我们有地区秩序 $\text{Order} = 1 - \text{Chaos} + \Delta\text{order}$ 。其中, Δorder 指的是因为地区政策导致的秩序变化。

2.1.5 PlagueSimulatorLib 运作机理与 API

PlagueSimulatorLib 的封装良好, 前端只能通过 API 提供的有限手段来访问和更改数据。一般的, 该框架从文件等外部源接受疾病、地区、政策基础信息, 通过 CCountry、CWorld、CDisease、CPolicy 四个类的交互, 经过计算和迭代, 得出最终的结果。这四个类分别代表地区、世界、疾病、政策。

API 参见同 GitHub 下的 API.md。

2.2 Form

Form 部分主要有四个窗口：开始页面、信息输入页面、主页面、政策页面、结束页面和统计页面。

2.2.1 开始页面

由周霁阳完成。主要是进行程序的引入。

2.2.2 信息输入页面

由周霁阳、胡吉祥两人完成。主要是进行数据的输入，然后作为初始数据，传入 PlagueSimulatorLib。

2.2.3 主页面

由周霁阳完成。是程序执行时间最长的页面，展示了当前的世界局势，并播报相关新闻。

2.2.4 政策页面

由三人共同完成。主要进行政策的手动开启，以及显示当前的国家信息或地区信息、人口饼图等。

2.2.5 结束页面

由周霁阳完成。表示模拟的结束。

2.2.6 统计页面

由臧炫懿完成。显示了世界人口、解药研发、疾病三维的变化折线图。

3 总结和反思

本项目是基于 QT 的疾病传播和治理模拟器。旨在通过模拟疾病在人群中的传播过程，研究不同治理策略的效果。该模拟器可帮助公共卫生专家评估和优化疾病控制措施，提高学生对公共卫生的意识，和应对突发公共卫生事件的能力。

仅对于教育效果而言，该项目较好地完成了教育目的，能够在一定程度上模拟疾病的传播和治理。但是该项目在功能上仍有一定的不足，例如未能模拟患者的自愈或者疾病的突变。（实际上如果考虑上述特性，那么数学模型的建立可能会非常困难，例如群体免疫、二次群体免疫等。）在分工合作中，我们小组的成员基本上能够完成分配的任务，执行力较强。

该程序的最大问题在于美工水平较低，我们缺乏艺术水平，导致程序的界面非常难看，仅限于能够保证功能。这将是以后需要改进的问题之一。