

基于切比雪夫多项式拟合函数的英国疫情预测分析

江嘉宁, 季小雅, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门

Email: 2740360807@qq.com, yanhuqin@xnai.edu.cn

收稿日期: 2021年4月21日; 录用日期: 2021年5月7日; 发布日期: 2021年5月26日

摘要

随着疫情在全球多点暴发并快速蔓延, 各个国家的疫情都有不同程度的恶化, 令世界公共卫生安全面临极大挑战, 本文基于非线性多项式拟合函数, 以英国为例, 使用Python对数据进行非线性多项式拟合函数估计, 对该国新冠疫情新增病例进行分析, 根据预测结果并结合英国目前防疫工作的进度和国家情况, 提出可行和科学的防疫措施和政策。

关键词

切比雪夫多项式, 新冠疫情, 英国, 预测

Forecast and Analysis of the UK Epidemic Based on Chebyshev Polynomial Fitting Function

Jianing Jiang, Xiaoya Ji, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian

Email: 2740360807@qq.com, yanhuqin@xnai.edu.cn

Received: Apr. 21st, 2021; accepted: May 7th, 2021; published: May 26th, 2021

Abstract

With the outbreak and rapid spread of the epidemic in multiple locations around the world, the

epidemic situation in various countries has deteriorated to varying degrees, making the world public health security facing great challenges. Based on the nonlinear polynomial fitting function, this paper takes the UK as an example and uses Python to perform the nonlinear polynomial fitting function estimation on data to analyze the new cases of COVID-19 in the country. Based on the predicted results and the progress of the current epidemic prevention work and the national situation in the UK, feasible and scientific epidemic prevention measures and policies are proposed.

Keywords

Chebyshev Polynomial, COVID-19, UK, Forecast

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2019 年底被命名为 COVID-19 的新型冠状病毒肺炎的爆发是新中国成立以来发生的传播速度最快、感染范围最广、防控难度最大的一次重大突发公共卫生事件。随着疫情在全球多点暴发并快速蔓延，各个国家的疫情都有不同程度的恶化，令世界公共卫生安全面临极大挑战，日内瓦时间 2020 年 3 月 11 日傍晚，世界卫生组织(WHO)正式宣布，新冠肺炎疫情的爆发已经构成一次全球性“大流行(Pandemic)”，尽管各个国家都开始注重对于疫情的防护和治理，但其疫情还未得到有效的控制，各个国家的疑似病例，新增病例的增长趋势也逐步成为研究者讨论的热点，如何利用已有的信息结合各个国家的国情，来预测未来疫情的发展趋势，以便能够更好的、更及时的控制各自国内疫情的蔓延成为了攻克疫情的第一大难关。

本文选取了欧洲区域在疫情期间受到影响程度较为强烈的国家——英国，通过建立切比雪夫非线性多项式拟合模型，利用 Python 语言对取得的数据在函数模型中进行回归分析，对比选取重合程度最高的模型，构建对英国新冠疫情新增病例预测的最佳函数，以此来预测新冠病毒在英国未来一段时间的蔓延趋势，为英国在疫情的防护和治理方面的决策提供十分关键的信息，并提出相关的防范建议。

2. 英国新冠疫情现状

2.1. 新冠疫情病例数据统计

英国卫生和社会保障部公布最新数据显示，截至当地时间 4 月 3 日，英国现有新冠肺炎累计确诊 4353668 例，累计死亡 126816 例，过去 24 小时英国新增新冠肺炎确诊病例 3402 例，新增死亡病例 52 例。

2.2. 英国抗疫方法

3 月 12 日，英国首相鲍里斯·约翰逊召开了代号为“眼镜蛇”的第三次紧急内阁会议。会议结束后，鲍里斯在新闻发布会上正式宣布英国进入抗疫下一个阶段——“拖延”阶段，鲍里斯宣布了 4 项最新措施：

- 1、从 3 月 13 日开始，所有出现咳嗽和发烧等症状的人必须在家隔离 7 天。7 天后，如果症状持续

或恶化，再叫救护车；

2、英国政府不再检测每一个有症状的人，比如在家隔离仅有轻微症状的人，不需要再接受检测，未来将重点检测症状严重较重的患者；

3、禁止学校安排学生出国旅行；

4、70 岁以上、身体状况堪忧的人不可乘坐邮轮。

同时，英国首相鲍里斯在发布会上宣布暂不关闭学校，并表示：“根据科学建议，停课弊大于利。”对比之下，过去 24 小时，英国周边邻国爱尔兰、法国陆续宣布全国停课。发布会结束后，《彭博》一针见血地指出英国的防疫策略是让大部人感染新冠，以使国家获得群体免疫力。截至 3 月 12 日，英国累计确诊 596 人，其中 10 人死亡。虽然英国政府没有明说，但英国的防疫的策略已经非常清楚了：即减缓新冠病毒传播，但不彻底终结他，而选择让大部分人得病，最终许多人可能会转为重症，但几乎所有人都会最终康复。英国政府这样做的目的是为了获得群体免疫力，也就是到一个时间点时，群体中大部分人都已经得过病了，也因此获得了免疫力。这样一来，这个疾病也就不会被继续传播给其他没有得病的人了。英国的目的是在下一个冬天到来之前，在今年夏天完成这一目标。”对此，世卫组织(WHO)发言人玛格丽特·哈里斯(Margaret Harris)对此表示明确质疑，科学界人士(尤其是免疫学家)也纷纷以联名信的形式批评这一策略的不合理性。

该政策发布之时，英国的新冠病毒确诊病例为 456 例，死亡 6 例(3 月 11 日数据)。仅隔不到一周，3 月 17 日，英国的确诊病例升至 1950 例，死亡升至 71 例。迅速攀升的数字凸显出日趋严酷的疫情形势，让英国民众的行为和政府的立场都开始发生微妙的改变，英国政府从 3 月 16 日起，一改此前的“群体免疫”抗疫思路，开始不断加强防控手段。从呼吁民众避免一切不必要的接触及旅行，尽量居家办公，到宣称英国必须像“战时政府”那样应对疫情，再到宣布关闭英国所有学校，英国防控措施不断加码。3 月 19 日，约翰逊还在每日的疫情通报会上做出了 12 周内“扭转局面”的承诺，提及大幅增加病毒筛查、用科学方法寻找解决方案等内容[1] [2]。

2.3. 目前形势

随着疫苗的研发，英国是欧洲新冠死亡人数最多的国家，但 2021 年英国在新冠疫苗接种进程上领先其他欧洲国家。随着英国在疫苗接种上取得进展，与一个月前相较，英国民众对新冠疫情的担忧程度大减。

第一波疫情从 2020 年 3 月持续到 6 月，第二波疫情从 9 月跨年持续到现在。这中间，英国政府采取了三次封国措施。根据 2020 年 10 月底媒体曝光的英国政府内部疫情文件泄密内容，英国第二波疫情将在 2021 年 2 月底达到高峰，而从实际数据统计来看，由于病毒变异的影响，2021 年 1 月 8 日已经是最高峰了(确诊病例数和死亡病例数都创新高)，圣诞节之后的疫情爆发点提前了将近两个月，提前爆发意味着提前迎来拐点，2 月中上旬出现疫情下降拐点后，英国单日确诊病例和死亡病例增幅进一步缩窄。截至 2 月 22 日，英国日增确诊病例已经开始低于 2020 年 10 月初的水平，单日死亡病例已经回落到 2020 年 12 月 20 日英国圣诞疫情爆发前的水平。并且英国是世界上第一个批准新冠肺炎疫苗的国家，虽然英国是欧洲新冠死亡人数最多的国家，但 2021 年英国在新冠疫苗接种进程上领先其他欧洲国家，随着英国在疫苗接种上取得进展，与几个月前相较，目前英国民众对新冠疫情的担忧程度大减。

可与此同时，英国政府宣布从 3 月 8 日开始分阶段解封，直至 6 月 21 日全面解封，尽管实施了疫苗计划，但如今欧洲病例又出现了激增，加上英国又开始慢慢的松懈了防疫政策，未来英国的疫情形势还是十分严峻的，要紧急防范即将到来的第三波疫情风险。

3. 数据来源及研究方法

3.1. 数据来源

本文从世界卫生组织(WHO)官网获取了英国自 2020 年 1 月 3 日至 2021 年 4 月 3 日的新冠病毒总确诊人数(Total confirmed)、每日新增人数(New cases)、总死亡人数(Total deaths)以及每日新增死亡人数的数据(New deaths) [3]。由于数据量较大, 本文仅呈现英国新冠病毒疫情最近 20 天的数据, 如表 1 所示。由于英国的第一例案例的出现是在 2020 年 2 月 1 日, 故新增案例及累计案例的样本数为 $N_0 = 428$ 个, 同样自 2020 年 3 月 7 日出现的第一例死亡病例开始计算, 新增死亡病例的样本数为 $n_0 = 393$ 个。

Table 1. New Coronavirus's status

表 1. 新冠病毒疫情数据

No	Total confirmed	New cases	Total deaths	New deaths	Report Date
437	4258442	4618	125516	52	2021/3/15
438	4263531	5089	125580	64	2021/3/16
439	4268825	5294	125690	110	2021/3/17
440	4274583	5758	125831	141	2021/3/18
441	4280886	6303	125926	95	2021/3/19
442	4285688	4802	126026	100	2021/3/20
443	4291275	5587	126122	96	2021/3/21
444	4296587	5312	126155	33	2021/3/22
445	4301929	5342	126172	17	2021/3/23
446	4307308	5379	126284	112	2021/3/24
447	4312912	5604	126382	98	2021/3/25
448	4319132	6220	126445	63	2021/3/26
449	4325319	6187	126515	70	2021/3/27
450	4329184	3865	126573	58	2021/3/28
451	4333046	3862	126592	19	2021/3/29
452	4337700	4654	126615	23	2021/3/30
453	4341740	4040	126670	55	2021/3/31
454	4345792	4052	126713	43	2021/4/1
455	4350270	4478	126764	51	2021/4/2
456	4353672	3402	126816	52	2021/4/3

3.2. 研究方法

对于数据的拟合和预测, 可以采取多种不同类型的多项式拟合的方式。而在所有多项式中, 切比雪夫对多项式的拟合精度更高, 使用场景更广, 因此本文将采取切比雪夫多项式拟合的方式对英国未来 90 天的新冠疫情的新增及死亡病例的走势情况。

3.2.1. 拟合原理

切比雪夫多项式是一类特殊多项式，它源于三角函数的正弦和余弦函数，因此其图形与三角函数特别类似，其值域与定义域的范围均为 $[-1, 1]$ ，也正因为如此，对于随时间变化呈周期性变化的经济变量包括此处的新冠疫情数据具有较好的拟合性。同时，切比雪夫所独特于一般多项式的是，每个 n 阶切比雪夫多项式都有 n 个实数根[4]。

对于切比雪夫多项式的基本多项式有如下的定义：

$$T_0(x) = 1 \quad (1)$$

$$T_1(x) = x \quad (2)$$

$$T_2(x) = 2x^2 - 1 \quad (3)$$

$$T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x) \quad (4)$$

以以上基本多项式为基础，切比雪夫多项式拟合函数为：

$$F(x) = \alpha_0 + \alpha_1 T_1(x) + \dots + \alpha_n T_n(x) \quad (5)$$

因此，对于所需要的预测的数据，首先选取样本点，利用该切比雪夫多项式拟合函数进行拟合，确定出精度最大、误差最小的各个单项式的系数，从而确定拟合函数，预测未来的数据。

但是，可知切比雪夫多项式的定义域是 $[-1, 1]$ ，因此我们需要通过一个数学转换将实际自变量转化为切比雪夫定义域区间 $[-1, 1]$ 之间的自变量。以自变量是时间为例：假定时间函数的定义域为 $[t_a, t_b]$ ，对于这个时间区域的任何一个时间点 t ，将其转化为区间 $[-1, 1]$ 中的 x ，转化关系如式(6)：

$$x = 2 * (t - t_a) / (t_b - t_a) - 1, \quad t = 1/2 * (x + 1) * (t_b - t_a) + t_a \quad (6)$$

在拟合过程中，利用 `python` 工具以及最小二乘法的原理，采用 `chebyshev.fit` 函数自动计算原数据与拟合曲线的最小方差并拟合获得最合适的曲线[5]。而至于切比雪夫多项式阶数的选择则需要人工不断进行调试，以获得最合适的阶数。

3.2.2. 拟合过程

笔者对新增病例、累计病例、新增死亡病例、累计死亡病例数分别作了 4 次拟合，得到的结果是病例数和死亡病例数的累计拟合度均要高于新增病例数，因此本文结果分析以累计数拟合的为主，但 4 个图均在本文呈现。接下来将以累计病例数为例子，对拟合过程作详细介绍[6]。

第一，读取数据。

将转化为文本的数据转化为 `txt` 格式，规范数据格式以便 `python` 的读取。通过 `data=loadtxt、data[:,0]、data[:,1]` 等语句将数据赋值给数组 `data`。本文将对 2021 年 4 月 3 日之后 90 天的数据进行预测，因此选取的样本预测窗口 `NN` 为 90，同时建立回归变量 `Y0(y2_value)` [7]。

通过上述的时间转换公式对时间进行转换。另外对于时间的转换，此处采取一定的技巧以提高预测的精度。其一，通过 `Chebyshev.bass(N).roots()`，以切比雪夫多项式的根作为自变量的取值，从而大大提高拟合的精度，尤其是提高了定义域初始值取值部分和定义域末尾值取值部分的拟合精度。其二，采取倒数，由于样本数较多，随着时间的增长，自变量的值将变得较大，对自变量进行倒数处理能够从而降低自变量的值提高拟合效果。

第二，切比雪夫多项式拟合。

完成以上步骤后，建立切比雪夫多项式模型来预测英国的新冠疫情病例数变化。通过多不同阶数的多次调整，代入 `chebyshev.fit` 函数进行拟合，笔者发现当阶数取 174 时，拟合误差是相对较小的，切比

较符合实际的发展情况。由于阶数较大，因此本文这里不再展示拟合所得到的函数式。

最后是输出拟合图以及表单。

利用 python 的 while 循环语句辨别已知的值和需要预测的值。其中，累计的值是预测的值，而新增病例的值是当日累计病例数减去上一累计病例数得到。同理，在做新增比例数的预测是，当日累计病例数可以通过上一日累计病例数加上当日新增病例数计算得到。图形结果在下面分析中呈现。

3.2.3. 拟合效果

从英国个变量切比雪夫多项式方程拟合结果(表 2)看出，累计变量的 R^2 趋近与 1，而新增变量的 R^2 相对要小一些。因此，累计变量的拟合效果比较理想。

Table 2. Fitting results of Chebyshev polynomial equations of variables

表 2. 各变量切比雪夫多项式方程拟合结果

Name	Total confirmed	New cases	Total deaths	New cases
R^2	0.9996	0.8975	0.9999	0.8291
R	0.9998	0.9474	0.9999	0.9105
AdjR ²	0.9993	0.8270	0.9998	0.6926

4. 拟合结果分析及预测

4.1. 每日新增病例数与病毒扩散天数以及累计确诊病例数与病毒扩散天数的拟合曲线

根据切比雪夫多项式模型所获得的拟合图形图 1 和图 2 可知，第一波和第二波的疫情高峰期已经过去，由于前期防疫政策的加紧和疫苗的大规模接种，疫情已得到较好的控制，目前每日新增病例正处于低估阶段，但从图中我们不难看出，第三波疫情可能正在向英国靠近，有一个小高峰即将到来，这也与目前欧洲病例出现激增相对应，目前疫情平缓期，如果不加以防护，待第三波疫情席卷而来，累计确诊病例数将呈现出一个指数型的增长，所以英国可能还需延缓解封，待疫苗接种率达到更大比率，欧洲各国疫情好转时再放缓防疫政策。

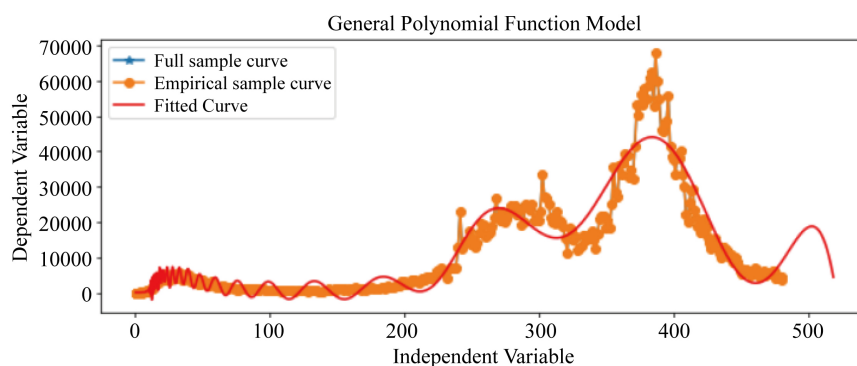


Figure 1. Fitting graph of Chebyshev polynomial curve model between the number of new cases per day and the number of days the virus has spread in the UK

图 1. 英国每日新增病例数与病毒扩散天数的切比雪夫多项式曲线模型拟合图形

4.2. 每日新增死亡病例数与病毒扩散天数以及累计确诊病例数与病毒扩散天数的拟合曲线

根据切比雪夫多项式模型所获得的拟合图形图 3 和图 4 可知，英国的每日新增死亡病例数和累计死

亡病例数尚且也处于低估阶段，从疫情开始到如今也经历了一年多的时间，人们对于新冠肺炎病毒也逐渐了解，但是由于新冠肺炎病毒的不断变异，使得前期对于病毒的认识和治疗方法对于当期的病毒有些不太适用，但由于防疫工作的加紧以及疫苗政策的实施，效果初见成效，而随着第三波疫情的抬头，加上病毒变异的不确定性，可能每日新增死亡病例数以及累计确诊病例数将会呈现大幅度的增长。

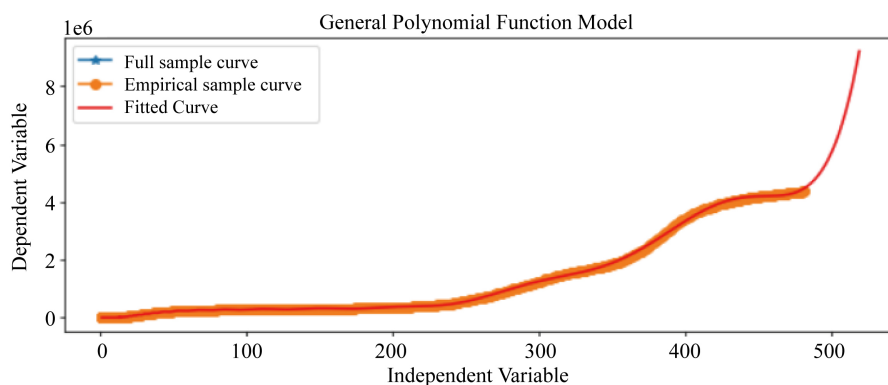


Figure 2. Fitting graph of Chebyshev polynomial curve model between the number of confirmed cases and the number of days the virus has spread in the UK

图 2. 英国确诊病例数与病毒扩散天数的切比雪夫多项式曲线模型拟合图形

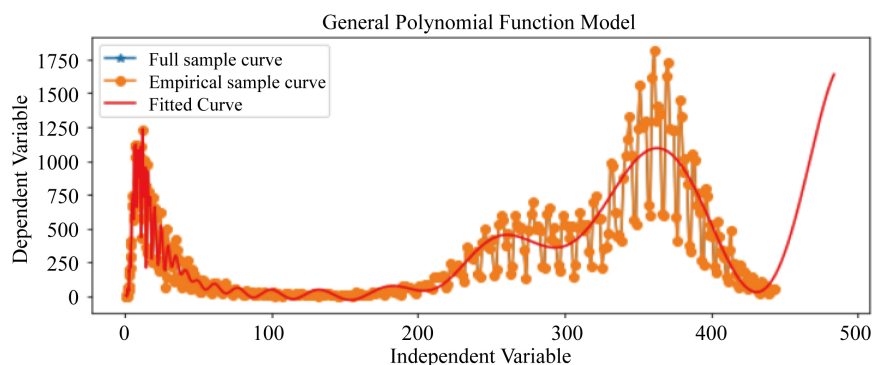


Figure 3. Fitting graph of Chebyshev polynomial curve model between the number of new deaths per day and the number of days the virus has spread in the UK

图 3. 英国每日新增死亡病例数与病毒扩散天数的切比雪夫多项式曲线模型拟合图形

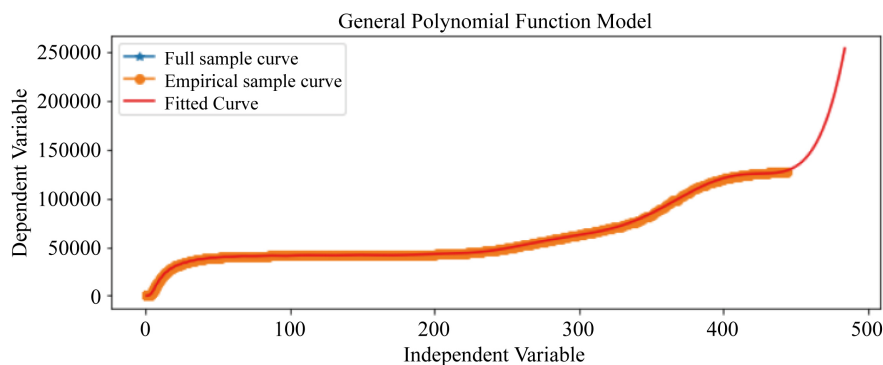


Figure 4. Fitting graph of Chebyshev polynomial curve model between the cumulative number of confirmed cases and the number of days the virus has spread in the UK

图 4. 英国累计确诊病例数与病毒扩散天数的切比雪夫多项式曲线模型拟合图形

5. 总结及建议

本文通过 python 对英国疫情进行拟合, 已知对于累计数的拟合程度较高, 并且贴近于实际数。结合前文的分析可知, 英国的疫情如今已经度过峰值阶段, 目前呈现向好的发展趋势, 新增确诊人数和新增死亡人数均呈现下降的趋势, 但是未来一段时间仍然有回弹可能性, 结合英国的防疫政策的分析, 也容易知道, 英国防疫措施不够严格, 如今随着疫苗的接种, 英国更加是又放松了防疫政策, 如是稍加不慎, 很有可能按照预测曲线所示那样, 新增人数在短期的下降以后, 很有可能出现回弹, 到时候前期所做的努力又将功亏一篑。

因此, 基于英国疫情预测结果及英国目前的情况, 对英国防疫措施提出以下几点建议:

首先, 英国实行解封以后, 增大了疫情传播的风险, 然而同时也在英国这些西方国家, 自由民主的思想在人民心中扎根, 对于防疫政策的遵守和自觉性较低, 因此政府极有必要加强对聚集性活动的管控, 加大对疫情的区域排查力度, 切断疫情传播的源头, 同时加强对人民的关于疫情防控的思想教育[8]。

其次, 英国等国家屡屡出现病毒变异等现象, 因此, 应当加大对于疫情防控的科研力度, 一方面, 做好针对变异病毒的筛查药剂的研发; 另一方面, 保证治疗性药物的研发、保障及供给。

最后, 英国是世界上第一个批准新冠肺炎疫苗的国家, 应当继续保持并扩大接种的范围和广度, 从而对广大群众起到更好的保护作用, 同时能尽快恢复社会经济生产活动等[9]。

基金项目

本论文得到了厦门国家会计学院“云顶课题: Python 财务数据分析”项目和大米(厦门)科技股份有限公司的支持。

参考文献

- [1] 胡墨涵. 英国施行最新防疫政策控制疫情举步维艰[J]. 留学, 2020(20): 14-15.
- [2] 李志. “小政府”与慢节奏的英国抗疫[J]. 湖北社会科学, 2020(6): 45-48.
- [3] WHO (2021) Coronavirus (COVID-19) Dashboard. <https://covid19.who.int/info/>
- [4] 阎虎勤. Python 财务数据分析(讲义) [Z]. 厦门: 厦门国家会计学院, 2021.
- [5] 张玉婷, 张文琦, 严自强, 赵汝飞, 阎虎勤. 基于切比雪夫多项式预测我国居民杠杆率变化及对我国房地产业发展建议[J]. 金融, 2020, 10(3): 233-243. <https://doi.org/10.12677/FIN.2020.103023>
- [6] 顾乐民. 预测型切比雪夫多项式[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(7): 34-38.
- [7] 张文琦, 严自强, 赵汝飞, 张玉婷, 阎虎勤. 厦门 GDP 和人口的房价关系探究——基于切比雪夫多项式和库兹涅茨曲线[J]. 世界经济探索, 2020, 9(2): 15-23. <https://doi.org/10.12677/WER.2020.92003>
- [8] 刘恩赤, 刘文丹, 林鑫洪, 阎虎勤. 新冠病毒欧洲蔓延趋势分析——以西班牙, 意大利和英国为例[J]. 商业全球化, 2020, 8(3): 37-51. <https://doi.org/10.12677/BGlo.2020.83006>
- [9] 李瑾. 英国新冠肺炎疫情防控政策: 分析与启示[J]. 中国公共政策评论, 2021, 18(1): 142-165.