

境外新冠疫情状态评估与趋势预测

龙文^{1,2}、井一涵^{1,2}

1. 中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心

2. 中国科学院大数据挖掘与知识管理重点实验室

摘要：目前国内新冠疫情已基本得到遏制，而海外疫情发展态势却日益严峻，在全球化背景下，国内经济恢复面临诸多挑战。本文通过构建疫情发展过程标志性参数体系，对疫情发展状态进行阶段划分，并结合中国主要省市新冠疫情历史数据，在相似度分析基础上依据标志性疫情状态参数对全球多个疫情较为严重的国家进行状态评估和趋势预测，这对于我国疫情防控和经济决策的时点把握具有重要的参考意义。

关键词：新冠疫情，境外，阶段划分，趋势预测

一、引言

2019年12月，我国确诊首例新型冠状病毒肺炎（COVID-19）患者，此后数周，新冠疫情在中国和全球迅速蔓延，四个月内迅速席卷了200多个国家和地区。2020年3月11日，世界卫生组织（WHO）宣布其为“全球性大流行病”，新冠疫情成为世界共同关注的问题。

据美国约翰斯·霍普金斯大学发布的实时统计数据显示，截至4月5日，全球新冠肺炎确诊病例累计已达1213927例，累计死亡65652例，治愈247844人。中国以外新冠肺炎确诊病例数达113万，已有16个国家现有确诊过万人，一些国家受限于检测条件，虽未出现大规模确诊现象，但不代表其感染病例较少。而据国家卫生健康委员会统计，3月12日我国就已实现了21个省份和新疆生产建设兵团超过14天无新增本土确诊病例，目前全国现有确诊人数从高峰时的58097例降为2382例。

可见，我国的疫情防控工作取得了阶段性的重要成果，进入复工复产的经济恢复阶段，而北美、欧洲和中东地区疫情严峻，多个国家宣布封国，进入国家紧急状态，并停止了除售卖生活必需品及药品的一切对外贸易。疫情在全球蔓延势必会对世界经济产生严重冲击，即便我国疫情形势已明显好转，但在全球化背景下，国内经济恢复面临诸多挑战。科学评估和预测海外疫情发展态势，对于我国的疫情防控、稳定经济具有重要的参考意义。

目前，对新冠疫情的研究大致分为三个方面：一是通过临床数据及病理实验对新型冠状病毒的发病机制及防控传播进行研究[1~3]；二是通过SIR模型[4]、SEIR传播动力学模型[5~7]、数据驱动的网络模型[8]、舆情监测[9]等方法对新冠疫情发展趋势进行预测；三是针对疫情的发展分析其对旅游[10]、教育[11]、社会心理[12]、应急管理[13,14]、经济冲击[15~19]等社会各方面的影响。

本文主要讨论在经济全球化、疫情全球蔓延的背景下，如何科学评估及预测海外疫情发展态势的问题，这对当前经济决策的时点把握尤为重要。本文将在龙文等[20]建立的疫情传染状态模型基础上，结合国内新冠疫情历史数据，采用更加直观的指标对疫情状态进行阶段划分，并通过标志性疫情状态参数对多个疫情较为严重的国家进行疫情趋势预测，据此提出对策建议。

二、新冠疫情发展过程阶段划分

目前，全国除武汉外，其余大多数省市新冠疫情已基本结束或接近尾声，这为评估和预测正在进行的海外疫情提供了相对完整的全过程参考数据，也是本研究建立预测模型的基础。本文选取国内疫情最严重的五个省（累计确诊人数 1000 以上）——湖北、广东、河南、浙江、湖南，和最严重的三个城市（累计确诊人数 2000 以上）——武汉、孝感、黄冈作为国内样本，选取海外疫情形势严峻的十个国家——美国、西班牙、意大利、德国、法国、伊朗、英国、瑞士、韩国、日本作为海外样本，对比研究了疫情发展的全过程。

本文根据各国官方报道口径中的“新增确诊人数”和“现有确诊人数”两个指标，将新冠疫情发展的全过程划分为五个阶段（如图 1 所示）。

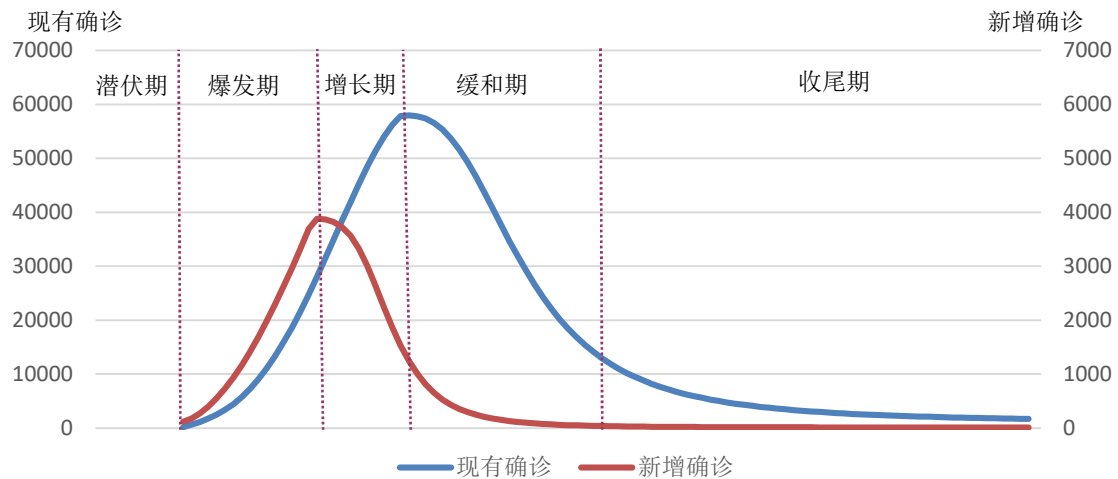


图 1 新冠疫情发展过程阶段划分（以中国疫情数据为基础模拟）

(1) **潜伏期**: 自报告首例确诊病例后，一般会有一段较长的时间，病例间断性缓慢增长。在该阶段，由于病人总数少，社会对疾病认知不够，通常未引起足够重视，也不会采取防控措施。

由于新冠疫情首先出现在中国，对于一种新的疾病，早期缺乏认知，因而中国的潜伏期数据缺失。但追踪多国疫情数据发现，从报告首例确诊病例到每日新增确诊人数上升至两位数，一般要经过约 3~5 周的时间，之后每日新增确诊人数将加速上升。目前疫情严重的美国、西班牙、意大利、德国、法国、英国、比利时、加拿大等国的潜伏期时间均在这个区间。可见，疫情爆发前有一个月左右的潜伏期，这期间偶有个别散发病例报告，若能尽早引起重视，在早期采取相应防控措施，后期感染人数总规模将得以有效控制。值得注意的是，疫情

出现较晚的国家，尤其是 2 月下旬之后报告首例确诊病例的国家，如瑞士、伊朗、土耳其、荷兰等国，潜伏期一般会大大缩短至 1~2 周。

(2) **爆发期**: 首例病例确诊后经过一段时间，新增确诊人数会突然增加，之后迅速攀升，疫情进入爆发期。而此时治愈人数较少，累计确诊人数快速上升至较大规模。在这个阶段，疫情逐渐得到社会的广泛关注和重视，政府开始采取相应的防控措施并随着疫情程度而升级。

目前境外新冠疫情还在迅速发展的过程中，多数国家还处于爆发期，有的国家新增确诊人数近日刚达到峰值，如美国、英国等，但是否标志着爆发期结束，还需要时间确认。从多国疫情数据来看，**爆发期大约持续 4~6 周**，目前已经结束爆发期的意大利、西班牙、德国、法国、伊朗，包括中国均在这个时间范围内。在此阶段，医疗系统面临较大挑战，**若防控措施不到位或救治力度不够，爆发期持续时间会延长，整体感染规模也会剧增。**

(3) **增长期**: 当新增确诊人数达到峰值，疫情由爆发期进入增长期。该阶段新增确诊人数较峰值开始下降，但仍高于新增治愈和死亡人数，故在院治疗的现有确诊人数还在持续上升，而增速已放缓。

目前完整经历过疫情增长期的只有中国和韩国。一些刚刚结束爆发期、进入增长期的国家，如意大利、西班牙、德国、法国、伊朗、瑞士等，虽然新增确诊数据已经较峰值有所减少，但仍处于相对高位，存在反弹风险。这个阶段，由于新入院治疗人数仍大于治愈和死亡人数，对于医疗系统而言，救治压力还在持续加大，疫情仍在加重。

从中国主要省市以及韩国的数据来看，**增长期大约持续 1~2 周时间**，但考虑到目前疫情严重国家的现有确诊规模，如果其医疗系统的救治能力跟不上，**增长期势必要比中国和韩国的时间更长。**

(4) **缓和期**: 当现有确诊人数达到峰值，疫情由增长期进入缓和期。随着公众防控意识和医疗系统救治能力的提升，此时新增确诊人数已低于新增治愈和死亡人数，现有确诊人数规模开始收缩，疫情得到缓解。

只有到了这个阶段，**疫情才算真正出现拐点，进入可控的状态，并逐渐好转。**目前境外各国中，仅有韩国正处于疫情的缓和期。从中国各省市的数据看，疫情拐点到疫情结束的时间长短与达到拐点时的最大现有确诊规模有较大关系，如果能在疫情爆发期和增长期控制住感染规模，那么缓和期和最后收尾期的时间将明显缩短。此外，医疗系统的救治能力也是重要的影响因素。

中国的疫情缓和期经历了约 3 周的时间，峰值时在院治疗人数全国超过 58000 人，其中湖北省有 50000 人（包括武汉市 38000 人）。目前，美国、西班牙、意大利、德国、法国等国疫情拐点尚未出现，但现有确诊人数均大大超过了这个规模。再考虑到中国是依靠全国医疗资源驰援湖北，同时执行严格的群防群控措施，所以这些疫情严重国家的缓和期可能要比中国要长得多。

(5) **收尾期**: 当新增确诊人数减少到个位数，疫情进入收尾期，此时新感染人数远低于治愈和死亡人数之和，现有确诊人数逐渐下降直至清零，疫情结束。

中国目前正处于疫情的收尾期，本土新增确诊病例自 3 月中旬之后已降至个位数，但当时医院在治的现有确诊人数还有 15000 人左右，截至 4 月 4 日，医院在治的现有确诊人数仍有约 2300 人。可见，即使新增确诊人数降至一个较低水平，医疗系统内现存的在治病人也

还有较大规模，需要较长的时间予以消化，而且由于不断有境外输入病例，要使得现有确诊人数完全清零，时间则会更长。

三、疫情发展过程标志性参数体系

由于各地疫情的感染规模存在显著差异，不便于横向比较，故本文在疫情阶段划分的基础上，构建了一个反映疫情阶段特征的标志性参数体系（见表1），主要包括各个阶段的日传染率、日治愈和病死率，以及疫情状态参数等指标，其与官方报道数据的对应关系及计算公式如下：

表1 疫情发展过程标志性参数体系

指标名称	政府口径	计算公式
当日新增入院人数 (Et)	新增确诊	-
当日新增治愈人数 (Ht)	新增治愈	-
当日新增死亡人数 (Dt)	新增死亡	-
当日在院治疗人数 (Nt)	现有确诊	$\Sigma E_t - \Sigma O_t$
当日新增出院人数 (Ot)	新增治愈+新增死亡	$\Sigma H_t + \Sigma D_t$
当日治愈率 (Io)	$\frac{\text{当日新增治愈}}{\text{上日现有确诊}}$	$\frac{O_t}{N_{t-1}}$
当日病死率 (Id)	$\frac{\text{当日新增死亡}}{\text{上日现有确诊}}$	$\frac{D_t}{N_{t-1}}$
当日治愈和病死率 (It)	当日治愈率+当日病死率	$I_o + I_d$
当日传染率 (Kt)	$\frac{\text{当日新增确诊}}{\text{上日现有确诊}}$	$\frac{E_t}{N_{t-1}}$
当日疫情状态参数 (Rt)	1+当日传染率-当日治愈和病死率	$1 + K_t - I_t$
病死率	$\frac{\text{累计死亡}}{\text{累计确诊}}$	$\frac{\Sigma D_t}{\Sigma E_t}$

在这个体系中，各指标均以新冠肺炎的医疗救治系统为核心，“当日传染率 (Kt)”指在上日的确诊病例数基数下，当日疾病新扩散的人数，反映了患者进入医治系统的速率；“当日治愈和病死率 (It)”指解除传染能力的人数占“在院治疗人数 (Nt)”的比例，其反映

了确诊患者以治愈或死亡的方式离开医治系统的速率；“当日疫情参数（ R_t ）”反映了具有传染能力的人群基数（即医治系统中的现有患者规模）扩张和收敛速率。

不同国家虽然确诊人数差别巨大，且在进程上存在时间差，但其标志性状态参数在疫情各阶段表现出共同的特征，如下表 2 所示，这给我们进行多国对比和预测建模提供了可行的分析视角。

表 2 疫情状态划分及参数特征

阶段划分	开始标志	标志性参数特征	结束标志
潜伏期	出现首例确诊病例	$K>0, I=0$ $R>1$	新增入院人数（ E_t ）突增
爆发期	新增入院人数（ E_t ）突增	$K>>I$ $R>1$	新增入院人数（ E_t ）达到峰值
增长期	新增入院人数（ E_t ）下降	$K>I$ $R>1$	在院治疗人数（ N_t ）达到峰值
缓和期	在院治疗人数（ N_t ）下降	$K<I$ $R<1$	新增入院人数（ E_t ）降为个位数
收尾期	新增入院人数（ E_t ）降为个位数	$K<<I$ $R<1$	在院治疗人数（ N_t ）为 0

若假设某阶段初始日在院治疗人数为 N_0 ，该阶段日传染率及日治愈与死亡率的平均值分别为 K, I ；记疫情状态参数的平均值为 R ，则经过 T 日以后，在院的患者人数、新增确诊人数可分别用公式(1)、(2)计算：

$$N_t = N_0 * R^T = N_0 * (1 + K - I)^T \quad (1)$$

$$E_t = N_0 * K * R^T = N_0 * K * (1 + K - I)^T \quad (2)$$

四、境外主要国家疫情预测

本部分将对美国、西班牙、意大利、德国、法国、伊朗、瑞士、英国、韩国、日本等十国的疫情发展趋势进行预测。其中，美国、西班牙、意大利、德国、法国、伊朗、英国、瑞士是目前疫情最为严重的国家，而韩国、日本是早期疫情较严重国家，且与我国地理位置较近，往来频繁，故科学预测这十国的疫情变化具有重要意义。

按照第三部分的分析框架，将十国疫情数与我国五省三市的数据进行比对，发现各地疫情虽然在规模上有较大差异，但在本文所定义的标志性参数上存在共性。本部分在对十国进行疫情阶段划分的基础上，以相似度为基础构建标志性参数的预测模型，进而预测海外国家的未来疫情形势。数据来源于 Wind 数据库 2020 年 1 月 20 日至 4 月 4 日的各国统计数据。

韩国： 现有确诊人数已于 3 月 11 日达到拐点，目前处于持续下降中，疫情正在好转。预计韩国新增确诊病例将在 4 月中下旬降至个位，由缓和期转入收尾期。届时虽然韩国整体发病基数较小，但其病例退出医治系统的速率 (I_t) 较慢，因此预测结果显示其收尾期将持续 41 天，预计 5 月末疫情基本结束（见图 2）。

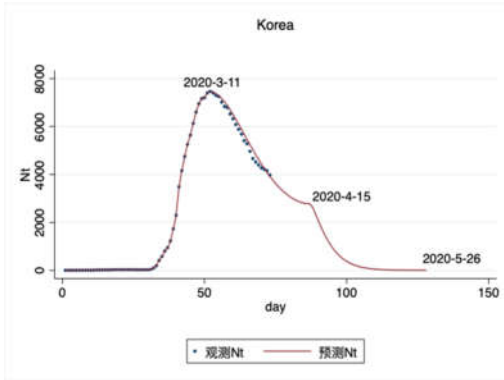


图 2 韩国现有确诊人数预测

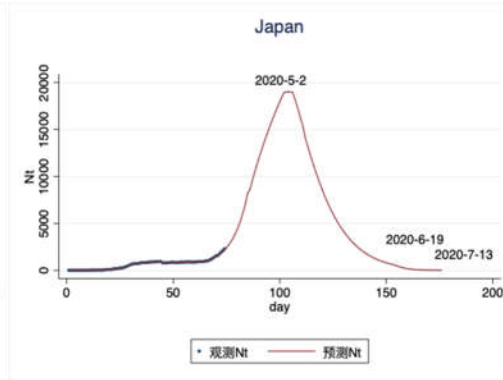


图 3 日本现有确诊人数预测

日本： 前期数据显示疫情控制较好，但自 3 月 24 日宣布奥运会推迟以来，每日新增确诊人数持续大幅上升，目前仍然处于疫情爆发期。预计新增确诊人数于 4 月上旬达到峰值，由于其传染基数相对较小，传染速率 (K_t) 低，现有确诊人数预计在 5 月初达到拐点，此后疫情有所缓和。但鉴于治愈人数增长较慢，所以缓和期和收尾期较长，预测将在 7 月上旬疫情结束（见图 3）。

伊朗： 疫情具有传染率 (K_t) 高、治愈和死亡率 (I_t) 也高的特点，新增确诊人数于 3 月 30 日达到峰值后，连续呈现下降趋势，并且模型标志性参数 (K_t 、 R_t) 显示疫情状态再发生大波动的概率较小，表明疫情已结束爆发期进入增长期。预测现有确诊人数将在 4 月下旬达到拐点，之后疫情趋于缓和，预测 7 月初基本结束（见图 4）。

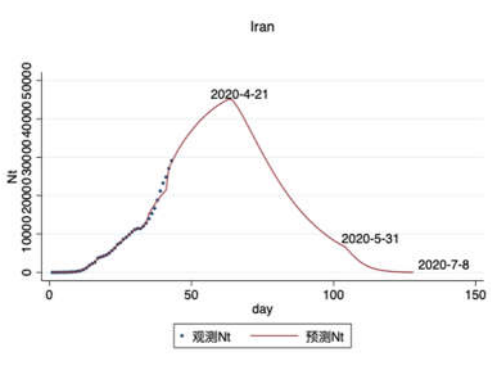


图 4 伊朗现有确诊人数预测

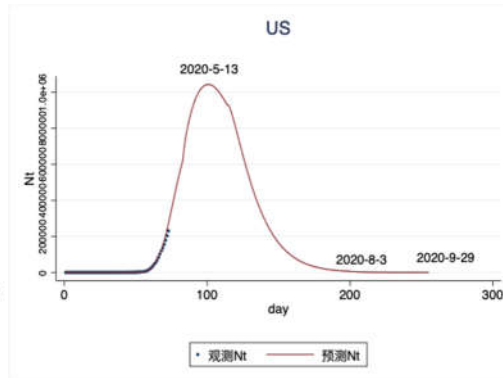


图 5 美国现有确诊人数预测

美国： 当前疫情最严重的国家，新增确诊人数多日维持在 2 万以上的高位，现有确诊病例已突破 30 万。与同期其他国家相比，其传染率 (K_t) 明显偏高，致使其感染人数显著高于其他国家。预测新增确诊人数将在 4 月上旬达到峰值，进入增长期。由于在疫情前期控制措施不足，将导致增长期持续较长时间，预计现有确诊人数将于 5 月中旬到达拐点；由于疫情严重，确诊人数总量巨大，预测疫情将于 9 月下旬结束（见图 5）。

意大利： 疫情最严重的国家之一，截至 4 月 4 日累计死亡人数超过 15000 人，是全球死亡人数最多的国家。目前新增确诊人数已经出现峰值，虽还在高位，但已呈下降趋势，疫情

进入增长期。4月2日欧盟宣布将为意大利提供援助，该资金的注入可能会缩短意大利的增长期，预计4月中旬现有确诊人数将达到拐点，疫情开始缓和；但由于确诊患者总数太多，预计将在7月中旬疫情基本结束（见图6）。

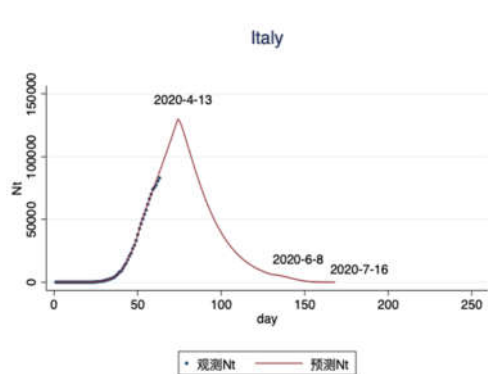


图6 意大利现有确诊人数预测

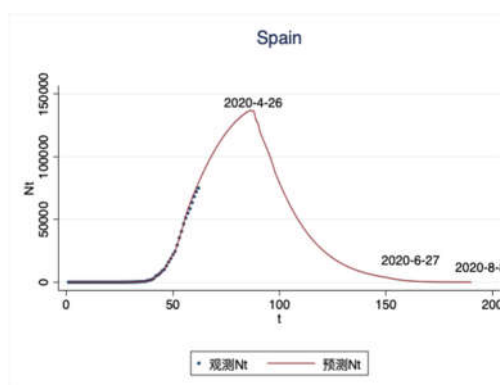


图7 西班牙现有确诊人数预测

西班牙：新增确诊病例于3月26日达到峰值，初步判断爆发期结束，但仍存在反复的可能。与同期意大利相比，西班牙每日新增确诊人数更高，传染率（ Kt ）更大，截至4月4日西班牙累计确诊人数已超过意大利，仅次于美国。因治愈率和死亡率（ I_t ）较高导致患者退出医治系统速率较快，预计增长期较短，4月下旬现有确诊人数将达到拐点。由于感染速率相对较快，因此每日新增确诊病例降至个位数所需时间较长，即西班牙需要较长时期才能进入收尾阶段，预测模型显示8月初疫情基本结束（见图7）。

德国：累计确诊人数现居全球第四，目前疫情已经进入增长期，其趋势与意大利类似，但疫情控制速度更快，病死率（ I_d ）相对较低。由于德国的治愈率（ I_o ）较高，且传染率（ Kt ）持续下降，预测4月下旬现有确诊人数将达到拐点，疫情趋缓，7月上旬基本结束（见图8）。

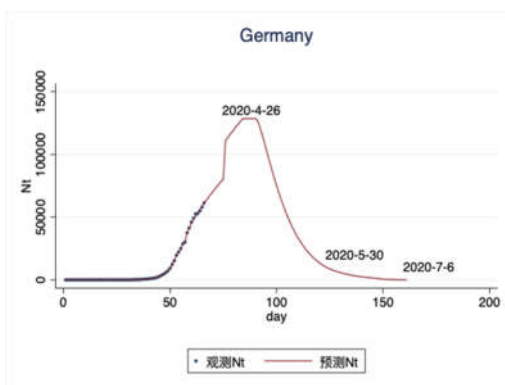


图8 德国现有确诊人数预测

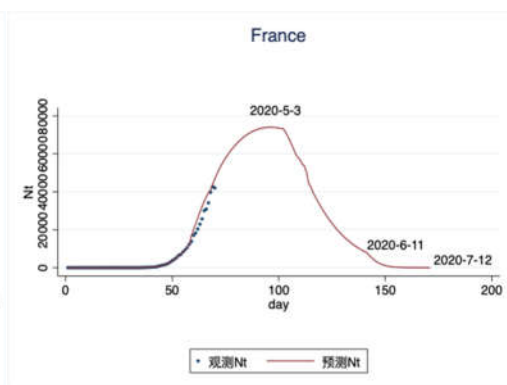


图9 法国现有确诊人数预测

法国：与同期爆发疫情的德国相比，其发病基数相对较小，但4月3日新增确诊一天内突然增加23100人，致使累计确诊人数与德国的差距大大缩小，现居全球第五。预计5月初现有确诊人数将达到拐点，之后疫情趋缓，7月上旬基本结束（见图9）。

英国：目前每日新增确诊人数持续上升，屡创新高，疫情爆发期仍未结束。由于其疫情扩散速率（ Kt ）呈现下降趋势，预计4月上旬新增确诊人数将达到峰值，疫情由爆发期进入增长期。虽然疾病传播速率有所下降，但仍相对较高，且治愈和死亡人数较少，预测模型显示现有确诊人数预计将于5月初达到拐点，8月下旬疫情基本结束（见图10）。

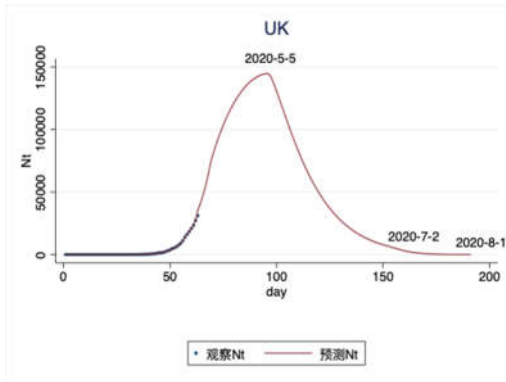


图 10 英国现有确诊人数预测

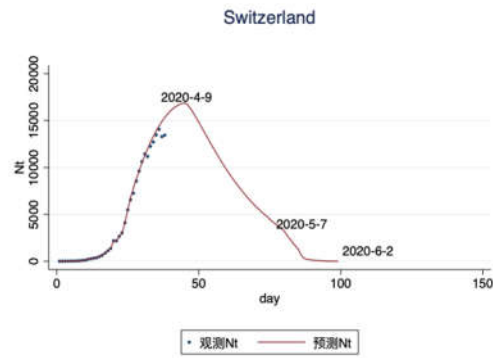


图 11 瑞士现有确诊人数预测

瑞士：潜伏期较其他各国明显偏短，疫情爆发较快，但其感染基数小，并迅速得到了控制，疫情在 3 月下旬已进入增长期。虽然每日新增确诊病例较峰值有所下降，但近期依然呈现高位震荡，考虑到其疫情传染率（ K_t ）呈持续下降趋势，出现反复的风险较小。预测模型显示现有确诊人数将于 4 月上旬达到拐点，由于在治患者规模相对较小，6 月初疫情基本结束。

综合来看，亚洲地区的韩国、日本、伊朗由于爆发时间较早并且病例基数相对较小，与其他地区相比将较早（5 月末~7 月初）结束疫情；欧洲各国由于早期防控措施较宽松，导致联动爆发现象，感染体量较大，目前几个疫情最严重的国家已得到初步控制，疫情发展的速度在变缓，根据预测，拐点陆续在 4 月中至 5 月初出现，整体结束预计要到 7~8 月间，其中感染规模较小的国家会较早结束；美国由于未采取及时有效的防疫措施，造成了目前的疫情失控局面，后续若不加大防控力度和大幅提升救治能力，可能将导致大规模、长周期（9 月底）的疫情态势。

五、对策建议

根据本文的预测，在全球疫情大流行背景下，目前最严重的几个国家还需要 3~5 个月疫情才能结束，其社会经济恢复则需要更长的时间。在各国不断升级的防控措施下，消费和投资不足，势必会对全球经济造成严重抑制。根据《中国统计年鉴 2019》数据，我国与本文所选取的十个样本国之间的进出口总额占到全国进出口总额的 38%以上，故以上十国的疫情对我国外贸必然会造成极大冲击，并可能引发一系列连锁效应。我们提出以下对策建议：

（1）在我国复工复产的经济恢复过程中，各级政府应充分认识到，目前面临的困难不会很快过去，要做好过半年至一年“苦日子”的心理准备。如何保障经济恢复和持续稳定发展，各级政府需要提前进行布局，做好长期的应对准备。

（2）因各国疫情的发展阶段和感染规模不同，疫情结束时间也有早晚，应有差别地按照风险等级开展外贸活动。目前看，东亚的韩国、日本将较早结束疫情，其经济活动也将先行恢复，预期面向日韩的外贸活动可在 6 月份后逐渐正常化。中亚地区的伊朗疫情预计 7 月初结束，面向伊朗的外贸活动 7 月中旬以后将逐渐恢复。欧洲和美国目前的疫情还处在快速扩散的爆发期或刚进入增长期，且确诊人数总量巨大，预计 7 月中下旬至 9 月才能陆续结

束，因此，面向这些欧美国家的外贸受冲击最大，受影响的外贸企业需做好长时间面对外贸需求紧缩的准备。

(3) 目前疫情已蔓延至 200 多个国家和地区，但**全球不同国家受疫情影响的程度和时间存在明显差异，外贸企业可向疫情较轻的国家和地区拓展业务，以减轻疫情严重国家对我国的外贸损失**。建议相关部门搭建对口服务平台，积极帮助外贸企业联系、拓展、对接新的国际市场。另外，疫情对外贸企业的影响存在结构化差异，不同行业受影响程度不一，须有针对性地受影响较大的外贸行业、企业予以政策倾斜和帮扶。

(4) **需大力刺激国内消费，以对冲外贸萎缩带来的负面影响**。在全球市场缩紧的形势下，各行业头部企业具有对抗风险的相对优势，而中小企业，特别是小微企业，资金链脆弱，产品结构相对单一，抵御风险的能力较弱。但中小企业和小微企业是提供就业岗位的主力军，只有稳住这些企业，才能维持全社会的就业稳定。有就业才有收入，有收入才能消费。日前国务院办公厅已印发了《关于应对新冠肺炎疫情影响强化稳就业举措的实施意见》，各部门应围绕稳就业需要，抓紧落实完善具体措施，形成工作合力。

(5) 从十国疫情的持续时间看，**境外输入病例的风险将长期存在，因此目前针对境外输入病例的应对方案不应是短期行为**，须健全入境检测和隔离观察机制，做好各级应急预案，完善响应措施。尤其是经济发达地区，国际往来频繁、留学生相对集中，**更要做好长期应对境外疫情输入风险的准备，以免对正在恢复中的我国经济造成再次冲击**。

参考文献：

- [1] Letko M, Munster V. Functional assessment of cell entry and receptor usage for lineage B β - coronaviruses, including 2019-nCoV[J]. bioRxiv, 2020, DOI: 10.1101/2020.01.22.915660.
- [2] Tian X, Li C, Huang A, et al. Potent binding of 2019 novel coronavirus spike protein by a SARS coronavirus-specific human monoclonal antibody[J]. bioRxiv, 2020, DOI: 10.1101/2020.01.28.923011.
- [3] Xu Z, Peng C, Shi Y, et al. Nelfinavir was predicted to be a potential inhibitor of 2019-nCoV main protease by an integrative approach combining homology modelling, molecular docking and binding free energy calculation[J]. bioRxiv, 2020, DOI: 10.1101/2020.01.27.921627.
- [4] 尹楠.基于 SIR 模型的有限区域内新型冠状病毒肺炎疫情仿真模拟研究[J/OL].统计与决策:1-13[2020-04-05].
<http://210.76.211.142:80/rwt/CNKI/http/NNYHGLUDN3WXTLUPMW4A/kcms/detail/42.1009.c.20200320.0909.002.html>.
- [5] HUA Changchun, CHEN Liqing, TIANYuduo. Using SEIR model to deduce epidemic turning points of Hubei, non Hubei and the whole country - Outbreak risk in 2020 [EB/OL]. (2020-02-07) [2020-02-25]. <http://finance.sina.com.cn/wm/2020-02-07/doc-iimxyqvz0930302.shtml>.
- [6] Zhao S, Lin Q, Ran J, et al. Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak[J]. International Journal of Infectious Diseases, 2020, DOI: 10.1016/j.ijid.2020.01.050.

- [7] WU J T, LEUNG K, LEUNG G M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-n Co V outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study[J]. Lancet, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30260-9.
- [8] WANG Xia, TANG Sanyi, CHEN Yong, et al. When will be the resumption of work in Wuhan and its surrounding areas during COVID-19 epidemic? A data-driven network modeling analysis[J]. Scientia Sinica Mathematica, 2020.DOI:10.1360/SSM-2020-0037.
- [9] 陈兴蜀,常天祐,王海舟,赵志龙,张杰.基于微博数据的“新冠肺炎疫情”舆情演化时空分析[J].四川大学学报(自然科学版),2020,57(02):409-416.
- [10] Wells Chad R, Sah Pratha, Moghadas Seyed M, et al.Impact of international travel and border control measures on the global spread of the novel 2019 coronavirus outbreak[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2020. DOI:10.1073/pnas.2002616117.
- [11] 付卫东,周洪宇.新冠肺炎疫情给我国在线教育带来的挑战及应对策略[J].河北师范大学学报(教育科学版),2020,22(02):14-18.
- [12] 陈雪峰,傅小兰.抗击疫情凸显社会心理服务体系建设和刻不容缓[J].中国科学院院刊, 2020,35(03):256-263.
- [13] 彭宗超,黄昊,吴洪涛,谢起慧.新冠肺炎疫情前期应急防控的“五情”大数据分析[J].治理研究,2020,36(02):6-20.
- [14] 郭勇,张海涛.新冠疫情与情报智慧:突发公共卫生事件疾控应急工作情报能力评价[J].情报科学,2020,38(03):129-136.
- [15] 娄飞鹏.新冠疫情的经济金融影响与应对建议——基于传染病视角的分析[J/OL].西南金融:1-10[2020-04-05].
<http://210.76.211.142:80/rwt/CNKI/http/NNYHGLUDN3WXTLUPMW4A/kcms/detail/51.1587.f.20200331.1504.002.html>.
- [16] 沈国兵.新冠肺炎疫情全球蔓延对国际贸易的影响及纾解举措[J/OL]. 人民论坛·学术前沿:1-6[2020-04-05]. <https://doi.org/10.16619/j.cnki.rmltxsqy.2020.30.005>.
- [17] 金磊.论经济主体行为的经济学范式承诺——新冠肺炎疫情引发的思考[J/OL].学习与探索, 2020(02):1-8+198[2020-04-05].
<http://210.76.211.142:80/rwt/CNKI/http/NNYHGLUDN3WXTLUPMW4A/kcms/detail/23.1049.c.20200331.2354.002.html>.
- [18] 祝坤福,高翔,杨翠红,汪寿阳.新冠肺炎疫情对全球生产体系的冲击和我国产业链加速外移的风险分析[J].中国科学院院刊,2020,35(03):283-288.
- [19] 郑江淮,付一夫,陶金.新冠肺炎疫情对消费经济的影响及对策分析[J/OL].消费经济:1-10[2020-04-05].
<http://210.76.211.142:80/rwt/CNKI/http/NNYHGLUDN3WXTLUPMW4A/kcms/detail/43.1022.F.20200330.1457.002.html>.
- [20] 龙文,王惠文,李大鹏.疫情传染状态判别方法研究——以 SARS 疫情为例[J].中国软科学, 2005(06):153-157.