

黄承芳, 李宁, 张正涛, 等. 新冠肺炎疫情冲击后的中国经济恢复发展预估[J]. 灾害学, 2020, 35(4): 210–214, 221. [HUANG Chengfang, LI Ning, ZHANG Zhengtao, et al. Estimate of China's Economic Recovery and Development After the Impact of COVID-19 Outbreak [J]. Journal of Catastrophology, 2020, 35(4): 210–214, 221. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2020.04.039]

新冠肺炎疫情冲击后的中国经济恢复发展预估^{*}

黄承芳¹, 李 宁¹, 张正涛², 刘 远¹, 王 芳¹

(1. 北京师范大学地理科学学部环境演变与自然灾害教育部重点实验室/应急管理部-教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 新冠肺炎疫情的突如其来严重影响了人们的生命安全, 同时也对中国经济发展带来了严峻的考验。为了模拟疫情后经济恢复期内的动态变化过程, 预估疫情对宏观经济的影响及部门间影响的差异化, 该文结合疫情对经济冲击的特点和超额生产能力的参数引入, 调整 ARIO 模型(Adaptive regional input-output model)对疫情后经济恢复发展进行模拟预估。结果显示: ①基于官方公布的 2020 年第一季度 GDP 数据对模型结果进行了验证, 预估结果与实际统计资料相比, 误差范围低于一个百分点, 故该模型是有效的, 误差可接受; ②超额生产能力的提高有利于短期内经济的快速恢复和经济总损失的降低, 到 2020 年底, 更高的超额生产能力下总体经济恢复 91%, 较生产能力不变提高了 5%, 且在两种生产能力约束范围的恢复期内总经济损失约为 12%~20%; ③住宿和餐饮业、批发和零售业是受疫情经济影响最为严重的两个部门, 经济产出总损失约为 24.4% 和 36.2%, 产业部门间经济影响的波及传导作用, 导致初期经济产出稳定的第一产业和信息技术业、金融业在恢复期内经济损失分别约为 15.6%、17.4% 和 18.9%。随着未来各季度经济统计数据的公布, 期待本研究能进一步验证模型结果同时调整参数设置, 以更加全面且准确的认识新冠肺炎对中国经济发展的影响。

关键词: 新冠肺炎疫情; ARIO 模型; 超额生产能力; 中国经济影响; 预估

中图分类号: X4; X915.5; R181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2020)04-0210-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2020.04.039

2020 年春节前后一场突如其来的新型冠状病毒肺炎疫情(COVID-19, 以下简称“疫情”)打破了安稳的生活常态, 疫情迅速在全球蔓延, 严重影响了人们的生命安全和身心健康。1 月 31 日世界卫生组织(World Health Organization, WHO)将其列为“国际关注的突发公共卫生事件”, 面对疫情带来的压力和挑战, 在政策的正确引导和全国人民的积极配合行动下, “居家隔离、减少出行、延迟复工复课”等防控措施有效的减缓了疫情的扩散与传播, 截至目前(4 月 30 日)国内疫情形势已经大有好转。2020 年是我国实现小康社会、脱贫攻坚的收官之年, 在面临经济下行压力的背景下, 疫情的爆发不可忽视的也给中国经济发展带来了严峻的挑战。一方面, 由于疫情发生在居民消费高峰的春节前后, 直接降低了对住宿、零售、餐饮、交通运输、旅游、娱乐等行业的消费需求^[1-4]; 另一方面, 封城等抗疫管理措施及延迟复工等导致的产业链中断也直接影响了其他产业的直接经济产出^[5,6], 根据国家统计局数据显示^[7],

1-2 月份工业企业营业收入同比下降 17.7%, 全国服务业生产指数同比下降 13%。从经济系统整体性角度看, 由于行业部门间相互供给需求关系的存在, 除了受疫情直接冲击导致经济下滑的部门, 不同产业链中部门间相互传导作用, 可能会对其他行业部门产生经济涟漪效应, 总的负面经济影响会不仅限于以上统计数据。随着第二季度生活生产的逐步恢复, 为了全面认识疫情后至恢复过程中总的经济影响, 准确预估自疫情发生后至恢复期经济产出的动态变化过程以及不同产业部门之间受影响的差异性, 有必要利用具有解析产业关联功能的自适应区域投入产出模型(Adaptive Regional Input-Output Model, 简称 ARIO)进行疫情后行业经济恢复过程的模拟预估。

ARIO 模型从部门生产瓶颈、生产容量、生产约束等方面考虑经济系统响应特性, 依据外部输入参数的设置对传统投入产出法进行改进, 依据描述经济部门投入来源、使用去向的投入产出表,

^{*} 收稿日期: 2020-05-07 修回日期: 2020-07-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(41175103); 国家重点研发计划重点专项课题“全球变化人口与经济系统风险评估模型与模式研究”(2016YFA0602403); 第二次青藏高原综合科学考察研究资助任务六“生物地球化学循环与环境健康”(2019QZKK0606)

第一作者简介: 黄承芳(1995-), 女, 河南信阳人, 博士研究生, 主要从事自然灾害风险研究. E-mail: huang_cf@mail.bnu.edu.cn

能够准确反映经济系统各部门之间投入与产出的数量依存关系,它能够对受到外部冲击后的经济系统的恢复重建进行有效地模拟预估^[8-10],而且该模型已经成功的对各种自然灾害发生后的地区经济影响进行了有效的预估评定^[11]。

因此,本文基于发展成熟且易于数据获取的ARIO 模型,考虑疫情的经济影响并非等同于自然灾害对资产直接破坏的特点,结合国家统计局目前公布的疫情的经济影响数据,对模型进行适用性改进调整,以使其适合模拟疫情后的中国宏观经济体系恢复重建过程,从而预估疫情后至恢复期部门经济产出的动态变化过程、短期内(到2020年底)对中国宏观经济发展的影响以及疫情对不同行业部门影响的差异化,以期预估结果能够为疫情的后期防控提前了解可能的经济影响提供科学的参考依据,也能为疫情后的经济体系恢复重建把握重点产业部门的帮扶方向。

1 ARIO 模型

ARIO 模型是以传统投入产出模型为基础发展的,由 Hallegatte^[12]提出并在评估 2005 年美国 Katrina 飓风灾害的经济影响中得到认可。ARIO 模型能够对部门之间复杂供需关系进行动态模拟,是通过中间消费和需求的相互影响来评估区域和部门层面的宏观经济影响的有力工具^[13],它有着采用假设和参数替代的手段降低部分数据需求的优点^[14]。因此,该模型多次且成功的运用在各种自然灾害、气候变化的宏观经济影响评估中^[11,15-18]。本文基于疫情对中国各行业经济的冲击特点,对 ARIO 模型模拟过程进行适用性调整,同时设置相关参数,使模型模拟的疫情后部门经济变化过程与实际相符。

1.1 模型假设

模型假设主要包括对 ARIO 模型本身和疫情发展两个方面。其一,基于 ARIO 模型的模拟需要假设研究区域内有完整的经济体系,包括一定数量的消费家庭和生产部门,且保证产业之间产品生产需求相互交换,存在合理的区内外进出口关系。另外,当前的疫情防控成效已经体现在部门经济的逐步恢复中,但由于疫情的发展受多种因素的影响,因此,本研究还需假设模型模拟过程中不

出现疫情再次严重冲击经济发展的情况,即随时间推移新冠肺炎疫情将得到完全控制,各行业产出供给陆续恢复。

1.2 模型原理

通过中间消费需求和供给两个方面说明地区产业部门之间的关联是 ARIO 模型的核心,其核心公式如下:

$$Y(j) = \sum_j A(i,j)Y(j) + LFD(i) + E(i) + HD(i) + \sum_j D(i,j) \quad (1)$$

式中: $j=1, \dots, N$ 表示各个部门, A 是区域投入产出表的中间消耗系数, Y 是生产量, $\sum_j A(i,j)Y(j)$ 表示的则是各部门的中间需求合计;当地最终需求 LFD 、出口 E 、家庭重建需求 HD 和部门重建需求 D 之和代表最终需求 TFD 。由此,上述公式表达了对于任意经济部门来说生产量与需求量的相等是 ARIO 模型平衡模拟的核心。

模型调整体现在结合疫情对行业经济冲击的特点上,改进疫情对经济冲击的引入,调整疫情后部门实际生产能力。疫情的经济冲击并非等同于自然或人为灾害对资产的直接破坏,其影响体现在对人们生命安全的破坏和生产行为的限制而导致的行业部门直接生产能力的下降或部门产品的大量需求带来的激增,从而出现增加值的变化。故此,本文结合疫情的经济影响特点,调整 ARIO 模型中部门直接生产能力破坏的依据,以行业增加值的变化作为直接经济损失带入,考虑国家财政防控投入力度设置部门生产能力恢复力度参数,从而模拟疫情后中国各行业增加值的动态变化过程,预估疫情对中国宏观经济的影响。

结合上述对模型的调整,本研究中 ARIO 模型基本原理框架如图 1 所示。以各行业部门增加值的同比变化百分比作为疫情对部门生产能力的直接破坏,从而导致疫情后最大生产量不足以满足其他部门生产需求,调整模型部门重建需求;同时考虑疫情防控的经济投入为部门生产救助力度,调整超额生产能力参数,逐步提高部门生产量以满足其他部门需求。由此,按月为步长,计算各部门生产量与需求量,模拟疫情后各部门的产业增加值如何一步一步被重置,直到部门生产量与需求量相等,部门生产能力恢复到疫情前的水平。

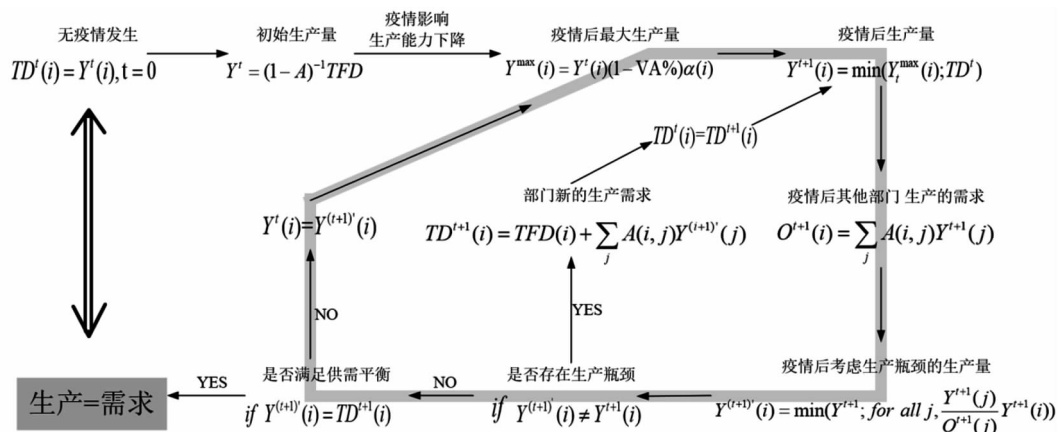


图1 ARIO 模型基本原理图

2 数据来源及模型参数设置

2.1 数据来源

本研究中所用到的数据均来源于国家统计局官网(<http://www.stats.gov.cn/>), 主要包括近期公布的《1-2 月份新冠肺炎疫情对各个经济行业的直接冲击》和 2020 年第一季度 GDP 数据, 以及国家投入产出表。

2.1.1 疫情对各部门的直接冲击

国家统计局发布数据表明, 2020 年 1-2 月份我国国民经济经受住了新冠肺炎疫情的直接冲击, 第一产业生产基本平稳; 第二产业中重要供需物资生产保持增长; 第三产业的信息技术、金融等新兴服务业持续发展。但疫情的直接冲击仍然影响到大多数部门的直接生产, 导致 1-2 月行业增加值明显下降, 其中工业增加值同比下降 13.5%, 服务业生产指数同比下降 13.0%。本文结合统计局公布的经济行业受影响数据, 根据 2017 年《国民经济行业分类》标准中的大类汇总了 11 个部门的疫情直接经济冲击数据(图 2), 包括: 农林牧渔业(#1); 采矿业(#2); 制造业(#3); 电力、热力、燃气和水的生产和供应业(#4); 建筑业(#5); 批发和零售业(#6); 交通运输、仓储和邮电业(#7); 住宿和餐饮业(#8); 信息传输、软件和信息技术服务业(#9); 金融业(#10)和其他服务业(#11)。从图中可以发现疫情冲击最大的和获益的部门都在服务业, 批发和零售业(#6)和住宿和餐饮业(#8)的经济产出因疫情受到了最严重的负面冲击, 而信息技术(#9)和金融业(#10)在疫情的影响下保持经济的增长状态; 另外, 第一产业基本未受到疫情的直接影响, 第二产业在直接冲击下增加值下降明显。

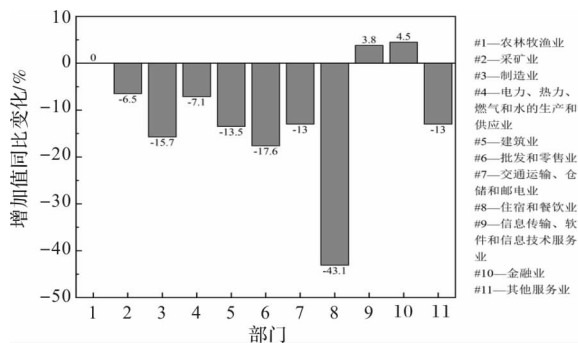


图2 2020 年 1-2 月份新冠肺炎疫情对中国全行业各部门的直接经济冲击

2.1.2 投入产出表

国家统计局自 1987 年起编制国家投入产出表 (Input-Output table, IO), 并每隔 5 年即年份尾数逢 7、逢 2 发布最新投入产出表, 为了使得评估结果更能贴合实际经济发展的国情, 本研究选取了最近年份 2017 年的国家 IO 表, 基于上述 11 个经济部门, 对 IO 表进行部门合并。此外, 在 IO 表作为主要输入数据带入模型过程中, 依据 2017-2019 年各行业增加值增长情况对带入数据进行等比例扩大, 以使得模拟结果与 2019 年可进行同比

变化分析。

2.2 模型参数设置

ARIO 模型通过调整经济体系自身生产和消费行为, 以适应经济冲击后的市场供应需求满足生产和消费, 最终达到生产消费水平恢复到经济冲击前的模拟过程, 需要外生变量超额生产能力参数的引入。外生参数设置如表 1 所示, 在模型模拟过程中当生产量不能满足需求时, 部门生产能力 a 将增加到最大值 a^{\max} , 即疫情后最大生产能力, 同时伴有一个时间特征参数 τ_a , 表示在生产部门产能力提高到最大值的过程中需要用到时间。

由于 1-2 月份正值疫情发生发展和大力防控阶段, 各企业停工停产严重限制了经济产出的提升, 疫情后部门生产能力的提高受到限制, 据中国政府网统计, 新冠肺炎疫情发生以来, 截至 3 月 13 日全国各级财政单位对疫情防控投入达 1 169 亿元^[20], 因此, 本研究只考虑财政救助力度作为提升部门生产能力的主要依据, 以经济投入与 1-2 月经济产出增加值对比, 设定模拟过程中由于生产不足, 需要 2 个月的模拟步长 ($\tau_a = 2$) 使得部门生产能力较疫情前提高 0.7% ($a^{\max} = 100.7\%$)。另外, 由于本次疫情的发展不确定性大, 国家各项政策力度需要审时度势, 而疫情对经济的影响极易受到政策影响, 因此, 本研究为提高模型预测准确度, 分别从部门最大生产能力为疫情前的 1~1.1 倍 ($a^{\max} \in [100\%, 110\%]$), 及提高到最大生产能力的时间步长为 1~6 个月 ($\tau_a \in [1, 6]$), 设定了超额生产能力参数的不确定性取值范围。

表 1 ARIO 模型外生变量超额生产能力参数取值及描述

参数	参数描述	取值	不确定性范围
a^b	疫情前生产能力/%	100	100
a^{\max}	疫情后最大超额生产能力/%	100.7	[100, 110]
τ_a	疫情后生产能力提高到最大值所需的时间/月	2	[1, 6]

3 疫情后的经济恢复发展预估分析

根据上述已知的疫情对各行业 1-2 月份增加值的直接冲击, 以及描述行业部门之间相互供给需求关系的 IO 表, 结合对 ARIO 模型的调整和相关参数的设置, 以时间月为步长, 模拟疫情后 11 个经济部门增加值的动态变化。因为增加值是指行业部门在生产过程逐步创造的新增价值, 且本研究中疫情对部门经济的冲击直接体现在部门增加值较往年同期的变化上, 因此, 本研究对行业部门增加值动态变化的预估能够有效的分析出疫情对国家层面的宏观经济影响及经济部门差异化特征。

3.1 模型结果验证

当超额生产能力为在 2 个月的模拟步长后超过疫情前 0.7% 的水平下, ARIO 模型模拟的疫情发生后全行业增加值总量变化曲线如图 3a 所示, 如图疫情的直接冲击导致了增加值在初期的骤降, 随着生产能力的提高, 增加值逐步恢复到疫情前的水平。截至目前(4 月 17 日), 国家统计局公布

2020 年第一季度 GDP 同比下降 6.8%。为了验证模型模拟的效果,将模型预估的增加值月变化结果换算到基于 2019 年第一季度 GDP 的同比变化,截取前 12 个月的结果显示如图 3b。可以发现,当模拟步长为 4,即疫情冲击后的第三个月时,预估结果显示同比 2019 年第一季度 GDP 下滑约为 7.69% (图 3b 中高亮红点所示)。该结果与国家统计局官方公布数据相差约 0.89%,即本研究对疫情实际的经济影响偏向悲观。

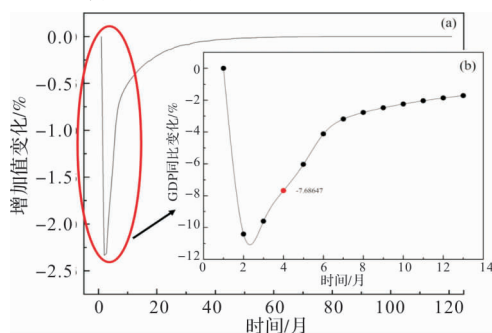


图 3 模型预估疫情后全行业增加值总量变化曲线图
(a. 为较疫情前增加值总量的变化百分比; b. 为较 2019 年第一季度 GDP 变化百分比,红色高亮点表示模型模拟预估的第一季度 GDP 下滑幅度)

分析可知,造成模型对经济影响预估存在些许偏差的原因可能是:一方面,ARIO 模型本身在对损失破坏后的经济系统重建模拟结果过于悲观^[13,21];另一方面,由于本研究参数设置只采用了可以量化的财政救助力度作为主要依据,而疫情发生发展过程中的各种政策性的实际措施对经济产生的影响没有在模型模拟中体现,故导致模型结果的高估。然而,尽管存在与实际情况的偏差,但可以认为小于 1 个百分点的误差是可以接受的,也即本研究的预估方法是有效的,预估结果在一定程度上是能够说明疫情对中国的宏观经济影响,可以为疫情后经济快速恢复提供数据参考,同时预估与实际的偏差也为后续相关经济影响预估给定了误差范围,提高了模拟预估的准确度。

3.2 全行业经济恢复发展的动态变化

结合上述模型预估对比实际存在高估增加值下滑程度的现象,以及本研究中设定的模型外生参数的不确定性范围(见表 1),图 4 所示为调整超额生产能力后,全行业增加值变化曲线。从图 4 中可以看出,超额生产能力的提高有利于短期内疫情后经济的快速恢复,在更高的超额生产能力的情况下,增加值恢复到同一水平用的时间更短,如到 2020 年底(即模型模拟的第 12 个月)更高超额生产能力下($\alpha^{\max} = 110\%$)全行业增加值变化量较疫情前下降为 0.13%,即整体经济较疫情冲击后的最大增加值下滑幅度恢复了 91%,而生产能力等于疫情前的水平($\alpha^{\max} = 100\%$)情况下,增加值下降约 0.41%,即恢复了约 86%。另外,从图中可以发现,当超额生产能力提高到 110% 时,在第 21 个月全行业增加值超过疫情前 0.2%,相当于国家宏观经济出现同比上升的现象,而超额生产能力不提高的情况下,12 个月后的整体经济恢复速度逐步放缓。从恢复期来看,超额生产能力

对其影响并不明显,无论是超额生产能力提高疫情前 10%,还是基于疫情前生产能力不变,疫情后的第 48~50 个月,即 4 年后国家全行业增加值恢复到疫情前的水平。

模型预估了疫情发生后每个月行业增加值的变化,而在无疫情发生情况下稳定的经济体系中行业增加值并不会大幅度下降,故本研究定义疫情对中国的宏观经济影响(主要表现为损失)为自疫情后的模拟至经济恢复的每个模拟月步长的行业增加值的变化量的总量,即图 4 中曲线与增加值变化为 0 的横线所构成的面积为疫情冲击导致的中国的宏观经济损失。由此可以发现,疫情后的生产能力提高有利于降低疫情后至恢复过程中的总体经济损失,即超额生产能力不变时,新冠肺炎疫情导致中国宏观经济损失约为 2019 年 GDP 的 20%,而提高生产能力的 10%,会出现总损失下降约 8%,也即总体经济损失约为 12%。

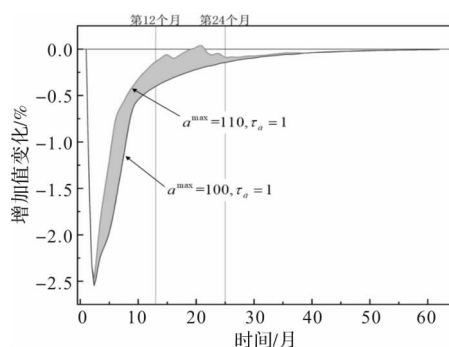


图 4 新冠肺炎疫情后全行业经济恢复发展的动态变化过程

3.3 分行业经济影响的差异性

为了分析疫情对不同行业部门经济影响的差异和特征,图 5 所示为模型预估的分行业 11 个经济部门自疫情后至恢复期间增加值变化总量(灰色条形图),黑色条形图是统计局公布的 1~2 月各部门的增加值变化情况。可以发现,疫情对不同部门的经济影响存在着显著的差异性。

从产业角度看,三次产业中的经济影响最大的是第三产业,其次是第二产业,农业所受的经济影响相对较低。分行业部门对比来看,疫情对住宿和餐饮业(#8)、批发和零售业(#6)的经济影响最大,造成的部门经济总损失达到其 2019 年部门增加值的 32%~40% 和 13%~35%,对于这两个部门来说,同时也是 1~2 月份受疫情爆发直接影响最大的部门,分析其原因主要受到了疫情发生时期在春节前后的消费高峰和疫情防控限制人们出行和消费方式的影响。信息技术业(#9)和金融业(#10)两个部门在疫情初期增加值变化保持了疫情前的增长状态,但基于 ARIO 模型对经济系统中部门供给需求关系的模拟,疫情对其他部门的直接冲击有着明显的经济波及传导作用,导致这两个部门在经济系统恢复过程中表现为经济增长下滑,分别有 14.3%~23.5% 和 13.1%~21.6% 的经济产出总损失。对于第二产业的工业来说,1~2 月的疫情冲击对其影响较大,出现了 13.5% 的增加值降幅,然后在模拟的后期恢复期内,各部门的增加值下滑幅度相对较低。另外,对于农业

来说,在疫情初期保持产业经济产出稳定的情况下,恢复期总的经济产出却表现为下降 12.4% ~ 18.8%,反映了疫情后的经济恢复过程中存在着部门相互影响的现象,且作为第一产业密切联系着人们的生产生活,这种经济下滑不可忽视。

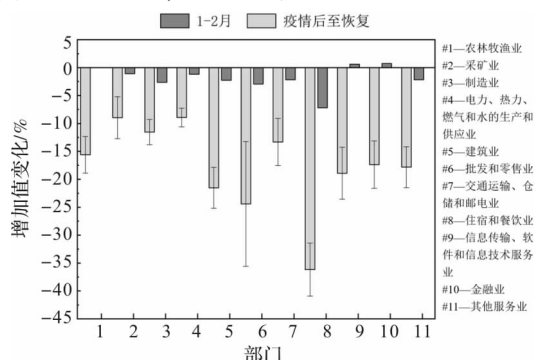


图5 分行业各部门疫情后增加值变化总量

4 结论与讨论

本研究基于疫情对行业的经济冲击特点,对ARIO模型进行调整,考虑疫情的防控救助力度设置模型输入参数,预估了疫情后中国的宏观经济恢复发展情况。根据2020年第一季度GDP公布结果与模型模拟预估结果的对比,可以发现预估方法一定程度上有效的模拟出了疫情后中国的经济动态恢复过程,预估结果与实际情况多少于1%的偏差是在可接受范围内的,因此,本研究能够为未来疫情后经济恢复发展的宏观调控提供有力的数据支撑。

疫情后的防控救助力度提升了部门超额生产能力,这有利于短期内经济的快速恢复,到2020年底,较高超额生产能力下总体经济较疫情初期恢复约91%,比超额生产能力不变增加了约5%;且提高超额生产能力能降低总体经济损失,较高超额生产能力下疫情后的恢复期内总体经济损失约为2019年GDP的12%,较超额生产能力不变减少损失约8%;从恢复期来看,超额生产能力的直接影响并不大,约疫情后的第48~50个月总体经济恢复至疫情前的水平。

第三产业受疫情的影响最大,住宿和餐饮业(#8)和批发和零售业(#6)分别以32%~40%和13%~35%的增加值同比下滑是经济产出损失最严重的部门。经济恢复过程中部门经济影响波及传导作用明显,尽管信息技术产业(#9)和金融业(#10)在疫情爆发期间保持经济产出增长,第一产业产出稳定,但在疫情后至恢复部门总体经济表现为负面影响较大,分别有14.3%~23.6%、13.1%~21.6%和12.4%~18.8%的经济损失。

本研究结合官方统计数据,以投入产出分析法的ARIO模型对疫情影响后的经济恢复模拟,评估的经济影响结果存在着较实际情况多约1%的偏差,这与模型本身及不可直接量化疫情宏观政策实时调整有着很大的关系。同时,随着未来实际统计数据的公布,继续对模型进行调整修正,为

后续的经济恢复发展提供直接且误差更小的数据参考是笔者的期待。除此之外,本研究中对于ARIO模型结果的直接验证也为相关投入产出分析提供了新的研究视角,为预期逐步提高模型模拟准确性的目的带来了可能。

参考文献:

- [1] 张晓晴. 短期需求显著下降 全年预计小幅降低 [N]. 中国交通报, 2020-04-23(3): 1-3.
- [2] 李文龙. 新冠肺炎疫情与非典型疫情的对比及对中国经济的影响 [N]. 第一财经日报, 2020-02-05 (A11).
- [3] 关利欣. 新冠肺炎疫情后中国消费发展趋势及对策 [J/OL]. 消费经济. [2020-04-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1022.F.20200425.1424.002.html>.
- [4] 祝锐. 新冠肺炎疫情对我国旅游业发展的影响及对策研究 [J]. 四川旅游学院学报, 2020(3): 13-16.
- [5] 尹彦辉, 孙祥栋, 徐朝. 新冠肺炎疫情与宏观经济波动: 基于DSGE模型的分析及启示 [J/OL]. 统计与决策. [2020-05-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1009.C.20200423.1953.002.html>.
- [6] 薛敏, 沙晓君. 新冠肺炎疫情对中国经济的影响及应对 [J]. 中国经贸导刊(中), 2020(4): 4-5.
- [7] 国家统计局. 1-2月份国民经济经受了新冠肺炎疫情冲击 [EB/OL]. (2020-03-16) [2020-03-20]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202003/t20200316_1732232.html.
- [8] 李宁, 吴吉东, 崔佳佳. 基于ARIO模型的汶川地震灾后恢复重建期模拟 [J]. 自然灾害学报, 2012, 21(2): 68-75.
- [9] 张鹏, 李宁, 吴吉东, 等. 基于投入产出模型的区域洪涝灾害间接经济损失评估 [J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(6): 773-779.
- [10] ZHANG Z, LI N, XU H, et al. Analysis of the Economic Ripple Effect of the United States on the World due to Future Climate Change [J]. Earth's Future, 2018, 6(6): 828-840.
- [11] WU J, LI N, HALLEGATTE S, et al. Regional indirect economic impact evaluation of the 2008 Wenchuan Earthquake [J]. Environmental Earth Sciences, 2012, 65(1): 161-172.
- [12] HALLEGATTE S. An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the economic cost of Katrina [J]. Risk Analysis, 2008, 28(3): 779-799.
- [13] LI J, CRAWFORD-BROWN D, SYDDALL M, et al. Modeling imbalanced economic recovery following a natural disaster using input-output analysis [J]. Risk Analysis, 2013, 33(10): 1908-1923.
- [14] AVELINO A F T, DALL'ERBA S. Comparing the Economic Impact of Natural Disasters Generated by Different Input-Output Models: An Application to the 2007 Chehalis River Flood (WA) [J]. Risk Analysis, 2019, 39(1): 85-104.
- [15] HSIANG S, KOPP R, JINA A, et al. Estimating economic damage from climate change in the United States [J]. Science (80-), 2017, 356(6345): 1362-1369.
- [16] ZHANG Z, LI N, XIE W, et al. Assessment of the ripple effects and spatial heterogeneity of total losses in the capital of China after a great catastrophic shock [J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2017, 17(3): 367-379.
- [17] KOKS E E, BOČKARJOVA M, DE MOEL H, et al. Integrated direct and indirect flood risk modeling: Development and sensitivity analysis [J]. Risk Analysis, 2014, 35(5): 882-900.
- [18] 刘远, 李宁, 张正涛, 等. 台风“艾云尼”动态间接经济损失评估 [J]. 灾害学, 2019, 34(3): 178-183.
- [19] 光明日报. 全国各级财政安排疫情防控投入达1169亿元 [EB/OL]. (2020-03-15) [2020-03-20]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-03/15/content_5491446.htm.
- [20] WAN Y, YANG HW, MASUI T. Health and economic impacts of air pollution in China: A comparison of the general equilibrium approach and human capital approach [J]. Biomedical and Environmental Sciences, 2005, 18(6): 427-441.

(下转第221页)

Advances in the Research on the Exposure of Highland Barley Natural Disasters on the Background of Climate Change

MA Weidong¹, SU Peng¹, JIA Wei¹, LIU Fenggui^{1,2} and WANG Jing'ai^{2,3}

(1. *School of Geographic Science, Qinghai Normal University, Qinghai 810008, China;*

2. *Academy of Plateau Science and Sustainability, Qinghai 810008, China;*

3. *Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)*

Abstract: Highland barley is a crop unique to the Qinghai-Tibet Plateau. It is the main food that the local national minority depends on. The frequency and intensification of natural hazard makes the highland barley exposure to natural hazard increased, so as to threaten local food security. Based on the current research of highland barley planting range, variety change and yield demand, a definition of the highland barley exposure is determined and a quantitative analysis method of highland barley exposure based on modern technology is summarized and prospected. From the perspective of highland barley exposure research, a reference for crop natural disaster risk assessment is provided.

Key words: highland barley; natural disaster exposure; Qinghai-Tibet Plateau; climate change

(上接第 214 页)

Estimate of China's Economic Recovery and Development After the Impact of COVID – 19 Outbreak

HUANG Chengfang¹, LI Ning¹, ZHANG Zhengtao², LIU Yuan¹ and WANG Fang¹

(1. *The Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, MOE/ Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Emergency Management & Ministry of Education, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;* 2. *The Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China.*)

Abstract: The sudden outbreak of COVID – 19 has seriously affected people's lives and posed a severe test to China's economic development. In order to simulate the dynamic change process during the economic recovery period after the COVID – 19, and to analyze the impact on the macro economy and the difference among sectors, we introduce the characteristics of the economic impact of the COVID – 19 and the parameters of the excess production capacity, and adjusted the Adaptive regional input-output (ARIO) model to simulate the economic recovery and development after the COVID – 19. The results show that: ①The model results are verified based on the official GDP data of the first quarter of 2020, and the error range of the estimated results is less than one percentage point compared with the actual, so the model is valid and the error is acceptable. ②The increase of the excess production capacity is conducive to the rapid recovery of the economy and the reduction of the total economic loss in the short term, by the end of 2020, the economy will recover 91% under the condition of higher excess production capacity, which is 5% higher than the unchanged production capacity, and the total economic loss during the recovery period within the two production capacity constraints will be about 12% – 20%. ③The accommodation and catering industry and the wholesale and retail industry are the two sectors with the most affected by the COVID – 19, with the total loss of economic output about 24.4% and 36.2%; the economic ripple effect exists in the economic system, resulting in the economic losses of the primary industry, information technology industry and financial industry of 15.6%, 17.4% and 18.9% respectively in the recovery period, which with stable economic output in the early. With the release of economic statistics in each quarter in the future, it is expected that this study can further verify the results of the model and adjust the parameter Settings, so as to have a more comprehensive and accurate understanding of the impact of COVID – 19 on China's economic development.

Key words: COVID – 19; ARIO model; excess production capacity; China's economic impact; estimate