

文章编号: 1004-4574(2015)06-0001-08

DOI: 10.13577/j.jnd.2015.0601

巨灾影响的全球性: 以东日本大地震的经济影响为例

孟永昌^{1,2}, 王 铸^{1,2}, 吴吉东^{1,2}, 史培军^{1,2}

(1. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;
2. 民政部/教育部 减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘要: 近年来, 巨灾经济影响的全球性受到了社会各界越来越多的关注。通过构建混合国际投入产出模型, 从需求端的角度定量评估了东日本大地震对世界各国各个生产部门的经济影响。结果表明: (1) 东日本大地震对世界其他各国的经济产量影响非常显著, 主要集中在金属制品业、交通运输设备制造业以及电子与光学设备制造业等; (2) 在受影响的国家和地区中, 以中国、美国、韩国、澳大利亚、德国等最为显著, 且不同国家和地区受到影响的部门结构也各不相同。研究从区域间产业关联的角度揭示了巨灾影响的全球性问题, 对于全球尺度上的巨灾风险管理具有参考价值。

关键词: 巨灾; 全球化; 国际投入产出模型; 经济影响; 东日本大地震

中图分类号: X43 文献标志码: A

Global economic impacts of large-scale disasters: case study of the Great East Japan Earthquake

MENG Yongchang^{1,2}, WANG Zhu^{1,2}, WU Jidong^{1,2}, SHI Peijun^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
2. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: In recent years, large-scale disasters are attracting higher attentions from all walks of society. In this research, mixed international input-output model was built and used to assess the economic impacts caused by the Great East Japan Earthquake on each sector of every country from the perspective of demand side. The results show that: (1) the total economic impacts of the Great East Japan Earthquake on other countries and regions are significant. The most damaged sectors include metal product, communication equipment, electrical and optical equipment etc.; (2) China, America, Korea, Australia and Germany are the most significantly affected countries in all affected countries. Moreover, different countries have different damaged sectors. This paper tries to reveal the global economic impact of large-scale disasters from the perspective of multi-regional industry linkage, which contributes to the risk management of large-scale disasters on the global scale.

Key words: large-scale disasters; globalization; international input-output model; economic impact; Great East Japan Earthquake

近年来发生在世界各国的巨灾给当地造成了严重的经济影响。与此同时, 经济技术的不断发展、全球化水平的不断提高, 使世界各国间经济联系日益紧密, 巨灾经济影响的空间波及作用更加明显, 巨灾影响的全

收稿日期: 2015-04-25; 修回日期: 2015-05-18

基金项目: 国家外国专家局和教育部111计划(B08008); 国家自然科学基金项目(41571492)

Supported by: The "111 Project" from the State Administration of Foreign Experts Affairs and the Ministry of Education of China (Grant No. B08008); National Natural Science Foundation of China (Grant No. 41571492)

作者简介: 孟永昌(1989-)男, 博士研究生, 主要从事灾害风险建模与评估研究。E-mail: yc_meng@163.com

通讯作者: 史培军, 男, 教授, 博士。E-mail: spj@bnu.edu.cn

《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社编者注: 本文中涉及台湾的“国家”均应为“国家(地区)”, “国”均应为“国(地区)”。

球性问题越来越受到社会各界的关注。如 2003 年席卷欧洲的热浪、2004 年的印度洋海啸、2005 年美国的卡特里娜飓风、2008 年中国的汶川地震、2011 年日本的“3·11”东日本大地震及引发的海啸和核泄漏等，都对各国经济发展造成了巨大的冲击。据瑞士再保险公司(Swiss Re)的巨灾数据库统计，全球年平均发生的巨灾数量已从 20 世纪 70 年代的 42 个左右增长到 21 世纪以来的 140 多个，因巨灾所造成的年经济损失也从 20 世纪 70 年代的 170 亿美元增长到 21 世纪前 10a 的 1370 亿美元以上，其中阪神地震、卡特里娜飓风、汶川地震、“3·11”东日本大地震等巨灾的经济损失尤为严重。

与此同时，全球化和技术革新正改变着我们的世界，当今人们处于一个世界性的人口、商品、财富、信息和思想的不断交换之中，这种行为已然构成了复杂的全球性网络。巨灾极可能通过产业之间的关联效应波及到受灾国以外的全球其他国家或地区，并且有相当多的学者试图对巨灾和全球化的关系进行阐述^[1]。如 Dilley^[2] 指出世界上一些高风险区的形成，不仅与自然致灾因子在这些地区频发有关，还与这些地区的经济和社会发展过程中的国际化水平相关。Mumdial^[3] 发现全球化通过贸易、金融、科技等途径的加快发展，使得各种风险在空间上的波及效应明显加强。史培军等^[4] 则强调互联网、无线通信、数字化多媒体技术等新信息技术的快速发展，为各类风险的快速传播提供了物质基础，我们应密切关注全球变化可能造成的巨灾风险时空转移问题。Helbing^[5] 同样认为经济全球化给人们创造了很多新的机遇和利益，但同时也为不利事件在全球范围内的快速传播提供了通道。

以上研究在一定层面上对巨灾影响的全球性问题进行了有益的探索，加深了对其影响机理的理解，为巨灾风险管理提供了参考和借鉴，但目前关于这一问题的定量化研究仍然较少。WTO^[6] 发布的 2012 年世界贸易报告中指出，2011 年发生的东日本大地震是当年世界贸易总量增速放缓的主要因素之一，原因是这场灾害阻断了全球的供应链，但是报告中并没有做出科学定量的评估。Mitsuyo 等^[7] 从生产链、供应链的角度评估了东日本大地震对日本出口的影响，Li 等^[8] 则着重关注了东日本大地震对日本向中国出口的影响，但他们都没有进一步研究其他国家作为贸易伙伴国因生产链、供应链中断受到的波及影响。

投入产出模型(IO 模型) 作为灾害经济影响评估中应用最广泛的方法，为此问题研究的进一步开展提供了思路。投入产出模型很早就被 Cochrane^[9] 应用于灾害的间接经济影响评估中，并在随后得到深入发展。如美国 FMEA 的 HAZUS 灾害管理系统平台中的间接经济损失评估模块就是基于 IO 模型^[10]。IO 模型还被广泛的与工程模型耦合，来评估对物理破坏十分敏感的系统所带来的间接经济影响，包括与交通网络模型^[11~12]、生命线网络模型^[13]的耦合等。IO 模型在国内的灾害间接经济影响评估中也得到了广泛的应用，如评估 2008 年汶川地震对四川省各部门经济生产和恢复的影响^[14~15]、2008 年雨雪冰冻灾害对湖南省的经济影响^[16]、1998 年大洪水通过农业部门对湖南省各个部门的经济影响^[17] 等。但是，上述研究中关注的只是灾害对一个区域的经济影响，并没有探讨灾害经济影响在区域间的波及效应。Mackenzie 等^[18] 采用 OECD 提供的 2005 年 19 个国家投入产出表和贸易数据构建了国际投入产出模型，分析了 2011 年东日本大地震对这些国家经济产量的影响，但是用 2005 年的投入产出表来反映 2011 年的国家间投入产出关系存在一定的局限性。

综上所述，本文以东日本大地震为例，在前人研究的基础上采用 2010 年的国际投入产出表，选取更方便引入灾害经济影响的混合国际投入产出模型，来评估巨灾对世界各个国家和地区不同部门经济产量的影响，为经济全球化背景下巨灾影响全球性问题及其应对提供借鉴。

1 数据与方法

1.1 数据来源

1.1.1 日本各部门产量统计数据

日本各部门产量统计数据来自日本经济贸易产业省(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)发布的日本部门产量指数，以 2010 年的月平均产量为基准，记录了日本 1978 年 1 月至今的制造业、煤炭开采、食品制造、烟草加工以及建筑等生产部门的逐月产量。该数据用于评估东日本大地震对日本各部门产量的总影响，并作为投入产出分析时所需的外生冲击引入模型。

1.1.2 国际投入产出表

国际投入产出模型需要的投入产出表来自世界投入产出数据库(World Input – Output Database)，

WIOD)^[19]。WIOD 构造了包括 40 个国家(表 1)、35 个部门的 1995 年到 2012 年的时序国际投入产出表。该数据库把各个国家的供给表和使用表(supply and use table, SUT)作为主要的数据来源,对于缺少 SUT 的年份,则基于各国的国民核算账户来估计投入产出结构^[20]。WIOD 投入产出表是目前能够获得的最新和覆盖国家或地区最全的国际投入产出数据,其基本结构见表 2。由于东日本大地震发生在 2011 年,本研究选取 2010 年对应的投入产出表作为模型分析的基础,以更好反映东日本大地震发生前世界经济发展的水平以及国家间的投入产出关系。

表 1 WIOD 数据中包含的国家和地区

Table 1 Countries and regions included in WIOD

国家	国家	国家	国家	国家
澳大利亚	爱尔兰	斯洛文尼亚	罗马尼亚	日本
比利时	意大利	西班牙	瑞典	韩国
塞浦路斯	卢森堡	保加利亚	英国	台湾
爱沙尼亚	马耳他	捷克	土耳其	巴西
芬兰	荷兰	丹麦	加拿大	俄罗斯
法国	拉脱维亚	匈牙利	墨西哥	印度
德国	葡萄牙	立陶宛	美国	印度尼西亚
希腊	斯洛伐克	波兰	中国	澳大利亚

表 2 WIOD 国际投入产出表结构

Table 2 Structure of the international input-output table from WIOD

		国家 A	国家 B	...	RoW	国家 A	国家 B	...	RoW
		产业	产业	...	产业				
国家 A	产业	中间投入	中间投入	...	中间投入	最终需求	最终需求	...	最终需求
	国家 B	产业	中间投入	X^{BA}	X^{BB}	...	X^{BR}	F^{BA}	F^{BB}
	F^{AR}	总产出
RoW	产业	中间投入	X^{RA}	X^{RB}	...	X^{RR}	F^{RA}	F^{RB}	F^{RR}
		增加值	增加值	...	增加值				
		总投入	总投入	...	总投入				

1.2 研究方法

图 1 所示为东日本大地震发生前后日本制造业产量的变化,可以看出 2011 年 3 月至 5 月之间的产量明显低于正常水平。因此,本研究参考 Mackenzie 等^[18]评估东日本大地震对日本各部门经济产量影响的评估方法,假设 2011 年 3 月至 5 月为灾害的主要影响期,并以 2010 年 3 月至 5 月的产量为基准,估计东日本大地震对日本各部门的经济产量影响。然后,根据 WIOD 国际投入产出表中的部门划分对以上估计的经济产量影响数据进行整合,作为投入产出分析时所需的外生冲击引入模型。需要强调的是,此处引入的外生冲击既不是灾害的直接经济损失,也不是最终需求的变化,而是灾害对日本各部门经济产量的总影响。

在常用的投入产出模型分析中,最终需求的变化通常作为外生变量,各部门的产量作为内生变量^[10-13]。换而言之,对各个部门的最终需求的变化是由模型以外的因素决定的(如自然灾害影响、消费者偏好变化、政府消费调整等),而各个部门的产量变化是由以上因素通过投入产出模型模拟评估的。

本研究采用的混合投入产出模型(mixed IO model)中的外生变量则既可以包含最终需求,也可以包含总产量,对应的内生变量也是如此。这种模型可以很好的解决个别生产部门的总产量变化对整个经济系统的影响问题^[21]。不失一般性,本文以 3 部门经济为例来阐述混合投入产出模型的基本原理:式(1)为最基本的投入产出模型形式,其中 x_i 为第 i 个部门的总产出, f_i 为对第 i 个部门的最终需求, a_{ij} 为直接消耗系数;将式(1)中的 f_1 、 f_2 和 x_3 这 3 个变量移到方程的右边作为外生变量,可以得到式(2);式(2)的矩阵表达形式即为式(3),进一步变型可得到式(4)。

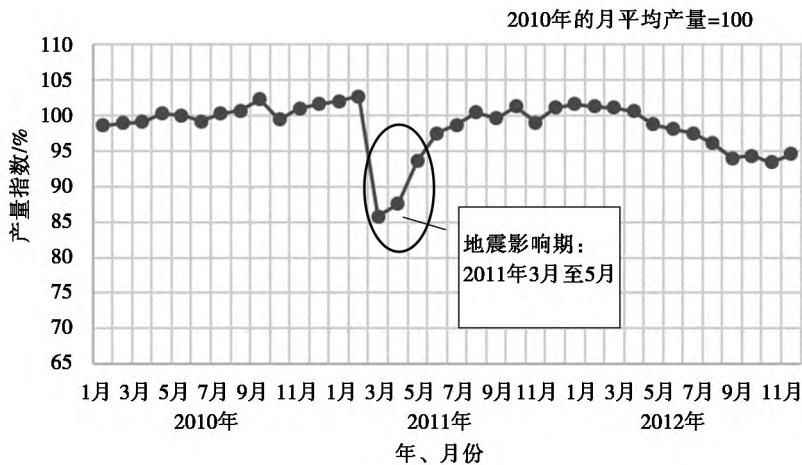


图1 东日本大地震发生前后日本制造业产量指数

Fig. 1 Japan's production index of manufacturing sector before and after the Great East Japan Earthquake

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11} + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + f_1, \\ x_2 &= a_{21} + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + f_2, \\ x_3 &= a_{31} + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + f_3; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (1 - a_{11})x_1 - a_{12}x_2 + 0f_3 &= f_1 + 0f_2 + a_{13}x_3, \\ -a_{21}x_1 + (1 - a_{22})x_2 + 0f_3 &= 0f_1 + f_2 + a_{23}x_3, \\ -a_{31}x_1 - a_{32}x_2 + f_3 &= 0f_1 + 0f_2 + (1 - a_{33})x_3; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & 0 \\ -a_{31} & -a_{32} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ f_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & 0 \\ -a_{31} & -a_{32} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ f_3 \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ f_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & 0 \\ -a_{31} & -a_{32} & -1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & 0 \\ -a_{31} & -a_{32} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ f_3 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

同理,本文关注的是包含了40个国家和地区、35个部门的国际经济系统,其混合投入产出模型可以根据式(1)~(4)的推导方法得到式(5)^[21],上角标“en”表示变量为内生,上角标“ex”表示变量为外生; Δx^{ex} 表示日本各部门产量受到灾害的总影响; Δf^{ex} 为其他国家各部最终需求的变化,在本研究中均假设为0; $k=1400$,表示除日本以外其他国家和地区(包括剩余世界)的部门总个数; 直接消耗系数 $A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$; $A_{11}=A^{(k,k)}$ 表示 A 的前 k 行、 k 列构成的矩阵; $A_{12}^{[k, -(n-k)]}$ 表示 A 的前 k 行、后 $(n-k)$ 列构成的矩阵,同理 $A_{21}=A^{[-(n-k), k]}$; $A_{22}=A^{[-(n-k), -(n-k)]}$; $L^{(k)}=(I-A^{(k,k)})^{-1}$; Δx^{en} 表示其他国家和地区各部门产量通过投入产出分析后受到的影响; Δf^{en} 表示日本各部门最终需求通过投入产出分析后受到的影响。

$$\begin{bmatrix} \Delta x^{en} \\ \Delta f^{en} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L^{(k)} & L^{(k)}A_{12} \\ -A_{21}L^{(k)} & (I-A_{22})-A_{21}L^{(k)}A_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta f^{en} \\ \Delta x^{en} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

2 结果与分析

由模型分析结果可知,世界其他国家和地区因东日本大地震的影响,其经济生产受到显著破坏,图2为其中受影响最大的15个国家和地区。可以看出,中国的经济产量下降了34.3亿美元,其次为美国14.2亿美元,韩国10.9亿美元,澳大利亚6.7亿美元,德国5.1亿美元等。图2中15个国家和地区受到的影响占

世界(不包括日本)受到总影响的 71.1% ,且仅中国就多达 25.4% 。这一结果表明,东日本大地震对世界其他国家和地区的经济影响是不可忽视的,尤其是对与日本贸易关系比较密切的国家和地区。

在 Mackenzie 等^[18]的分析结果中,受影响最大的国家为中国,其次为德国、韩国与美国等,这与本文的分析结果基本一致。但不同之处在于,韩国与澳大利亚在本文的评估结果中受影响程度偏大,而德国的受影响程度相对偏小。分析其原因,可能与采用不同的投入产出表有关。本文采用的投入产出表为 2010 年,而 Mackenzie 等人采用的为 2005 年,显然 2010 年的投入产出表更能反映东日本大地震发生时全球的生产、贸易水平和状况。据世界货币基金组织统计,日韩、日澳的贸易量从 2005 年的 711 亿美元、369 亿美元,分别增长到 2010 年的 909 亿美元、611 亿美元,增长均高达 20% 以上;德日的贸易量从 2005 年的 366 亿美元增长到 2010 年的 396 亿美元,增长不到 10%;而美日 2010 年的贸易量为 1895 亿美元,较 2005 年的 2014 亿美元反而有所下降。如果仍然按照 2005 年的投入产出表来估算 2011 年东日本大地震对世界各国经济生产的影响,必然会产生一定的偏差。

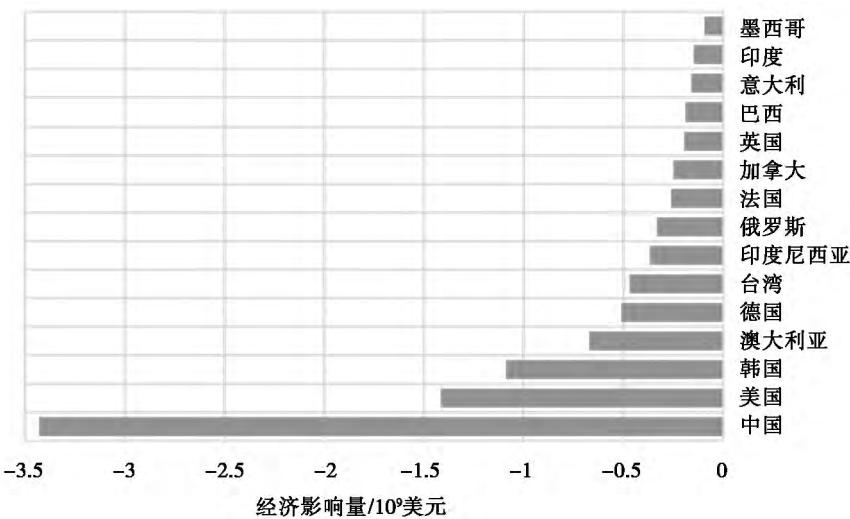


图 2 经济生产受东日本大地震影响最大的 15 个国家和地区

Fig. 2 Top 15 countries and regions whose production were impacted the most by the Great East Japan Earthquake

从受影响的产业结构来看,表 3 中列举了世界其他国家各个部门产量受到的影响。可以看出受影响最大的 10 个部门分别是:金属制品业(C12)、煤炭开采业(C2)、交通运输设备制造业(C15)、电子与光学设备制造业(C14)、化学工业(C9)、电气机械及器材制造业(C13)、租赁与商务服务业(C30)、批发业(除机动车)(C20)、橡胶与塑料(C10)、焦炭炼油及核能工业(C8)。日本国内受影响最大的部门集中在制造业,包括 C15,C12,C13,C3 和 C14 等,而这些部门生产所需的零部件、原材料以及能源有很大一部分来自国外进口,直接导致了世界其他国家和地区的 C12,C2,C15,C10 和 C8 等相关部门的产量下降;其次,C15,C14,C9 和 C13 等部门又是日本国内主要的出口部门,它们产量的下降必然会导致世界其他国家和地区的相应部门因生产链中断而产量下降。

表 3 世界其他各国和地区不同部门受到的经济影响总和(10⁶美元)

Table 3 Total sector economic impact of other countries and regions caused by the Great East Japan Earthquake (10⁶ US \$)

部门	编号	经济影响	部门	编号	经济影响
农林牧渔业	C1	-346.7	机动车销售、保养、维修业; 燃料零售业	C19	-40.9
煤炭开采业	C2	-2170.7	批发业(除机动车)	C20	-526.3
食品制造及烟草加工	C3	-161.8	零售业(除机动车); 家电维修	C21	-174.9
纺织业及其制品业	C4	-83.8	住宿和餐饮业	C22	-70.1
服装鞋帽皮革毛皮	C5	-14.3	陆上运输服务业	C23	-278.9
羽毛(绒)及其制品业	C6	-56.6	水上运输服务业	C24	-194.1
木材加工及家具制造业	C7	-175.1	航空运输服务业	C25	-52.7

续表

部门	编号	经济影响	部门	编号	经济影响
焦炭、炼油及核能工业	C8	-360.3	其他交通运输服务业	C26	-108.3
化学工业	C9	-725.2	邮政业	C27	-101.3
橡胶与塑料	C10	-430.5	金融业	C28	-339.0
非金属矿及其他矿采选业	C11	-104.4	房地产业	C29	-120.1
金属制品业	C12	-2276.8	租赁和商务服务业	C30	-612.1
电气机械及器材制造业	C13	-643.6	公共管理与社会保障	C31	-32.2
电子与光学设备制造业	C14	-1325.5	教育	C32	-15.4
交通运输设备制造业	C15	-1357.3	卫生和社会福利业	C33	-13.8
废品废料	C16	-49.7	居民服务和其他服务业	C34	-122.3
水电、煤气生产与供应业	C17	-333.2	家庭服务业	C35	-0.6
建筑业	C18	-68.1			

图 3 则表示的是中国、美国、韩国、澳大利亚和德国不同生产部门受到的影响。可以看出,中国受影响最大的部门是电子与光学设备制造业(C14) ;美国受影响最大的部门是交通运输设备制造业(C15) ;韩国是金属制品业(C12) ;澳大利亚是煤炭开采业(C2) ;德国是交通运输设备制造业(C15) ;不同国家不同部门受到的影响是不同的。

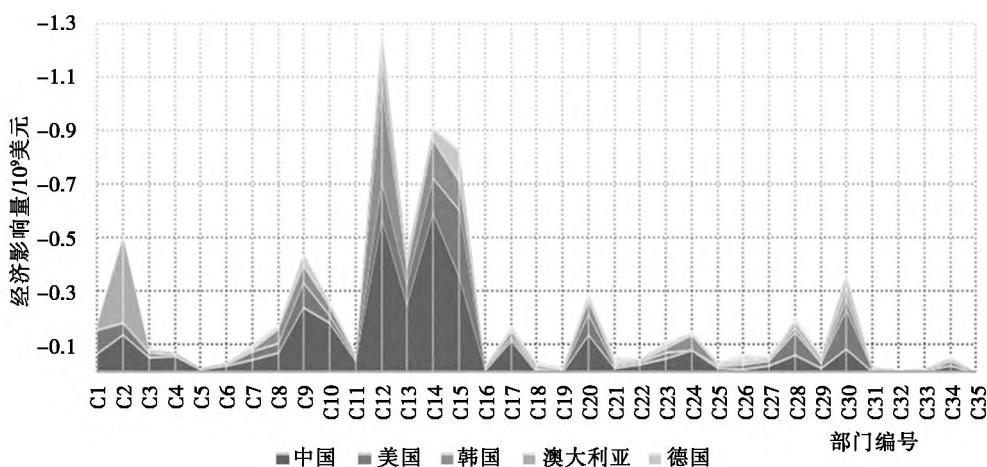


图 3 中国、美国、韩国、澳大利亚和德国的不同部门受到东日本大地震的影响

Fig. 3 Impact of the Great East Japan Earthquake on sectors of China ,USA ,Korea ,Australia and Germany

以中国为例 2010 年中国各部门与日本的贸易总量及其因东日本大地震受到的经济影响情况如图 4 所示。可以看出 贸易量比较大的部门,如电子与光学设备制造业(C14) 、电气机械及器材制造业(C13) 、金属制品业(C12) 以及交通运输设备制造业(C15) 等,同时也是产量下降比较大的部门,两者的相关系数高达 0.82 ,且通过了 0.01 的显著性检验。美国、韩国、澳大利亚和德国等国各部与日本的贸易总量与其部门产量受影响量的相关系数分别为 0.87 0.90 0.92 和 0.75 ,也都通过了 0.01 的显著性检验。由此可见各个国家受影响的产业结构不同,与日本和该国家的贸易结构关系密不可分,这也在一定程度上证明了本文评估结果的可靠性。

3 结论与讨论

本文应用混合国际投入产出模型,定量评估了东日本大地震对世界各国各部门的经济影响,进而强调了巨灾影响的全球性问题,也为此问题的研究提供了一种思路和方法。从分析结果中可知,受影响最大的 15 个国家和地区分别是:中国、美国、韩国、澳大利亚、德国、台湾、印度、俄罗斯、法国、加拿大、英国、巴西、意大利、印度和墨西哥;受影响最大的 10 个部门分别是:金属制品业、煤炭开采业、交通运输设备制造业、电子与

光学设备制造业、化学工业、电气机械及器材制造业、租赁与商务服务业、批发业(除机动车)、橡胶与塑料、焦炭炼油及核能工业。且不同国家和地区受影响的产业结构也不尽相同,这与各个国家的产业结构及与日本的贸易关系密不可分。

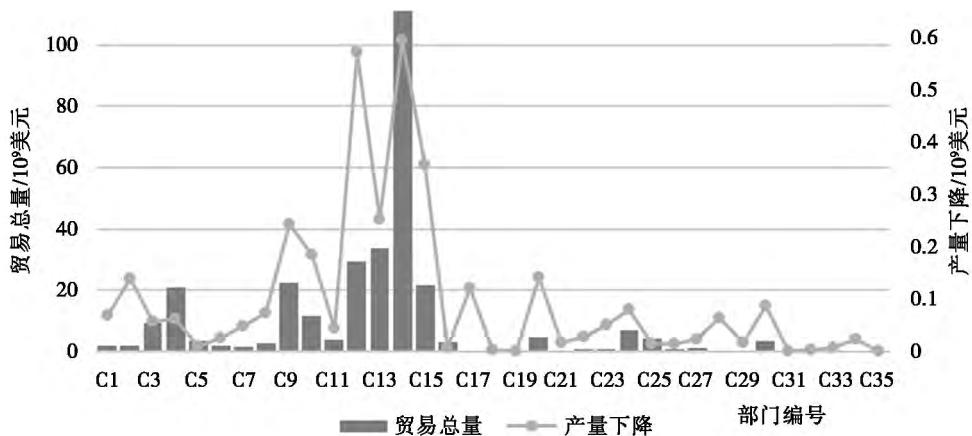


图4 2010年中国各部门与日本的贸易总量及其受东日本大地震的经济影响

Fig. 4 Trade values of China's sectors with Japan in 2010 and their economic impact due to the Great East Japan Earthquake

巨灾影响的全球性问题极其复杂,本文将混合国际投入产出模型应用于此问题的评估研究有待完善。再者,由于投入产出模型的固有特性,本研究在以下几个方面需要进一步改进:首先,混合国际投入产出模型仍是线性模型,对经济系统的弹性考虑不够;其次,本文采用的国际投入产出模型属于非竞争型,即进口产品和国内同类型产品的性能不同、不能相互代替,忽视了国际贸易的可替代性;再者,本文的投入产出模型仅从行均衡的角度进行了分析,模型结果并没有包含灾害从供给端对整个经济系统的影响,如何更好的将灾害的经济影响从需求和供给两个方面同时分析需要进一步研究。除此之外,本文在计算东日本大地震对日本的经济影响时,提出的假设条件的合理性值得进一步商榷,如果可以获取质量更高、更精细的直接损失数据,本文评估结果的准确性将进一步提高。

在未来的研究中,需要充分考虑上述中提到的问题,使得投入产出模型能更好的刻画和模拟巨灾影响在全球范围内的波及作用,为全球各国应对巨灾风险提供决策服务。

参考文献:

- [1] OKUYAMA Y. Globalization and localization of disaster impacts: an empirical examination [C]//CEFifo Forum ,2010 ,11(2) : 56 – 66.
- [2] DILLEY M. Natural Disaster Hotspots: a Global Risk Analysis [M]. World Bank Publications ,2005.
- [3] MUNDIAL B. Hazards of Nature ,Risks to Development: an IEG Evaluation of World Bank Assistance for Natural Disasters [M]. Washington ,DC: World Bank 2006.
- [4] 史培军,李宁,叶谦,等. 全球环境变化与综合灾害风险防范研究 [J]. 地球科学进展 ,2009 ,24(4) : 428 – 35.
- SHI Peijun ,LI Ning ,YE Qian ,et al. Research on global environmental change and integrated disaster risk governance [J]. Advances in Earth Science ,2009 ,24(4) : 428 – 35.
- [5] HELBING D. Globally networked risks and how to respond [J]. Nature ,2013 ,497(7447) : 51 – 9.
- [6] WTO. World Trade Report 2012 [R]. Geneva ,Switzerland: World Trade Organization ,2012.
- [7] ANDO M ,KIMURA F. How did the Japanese exports respond to two crises in the international production networks? The global financial crisis and the great east Japan earthquake [J]. Asian Econ J ,2012 ,26(3) : 261 – 87.
- [8] LI M ,YE T ,SHI P ,et al. Impacts of the global economic crisis and Tohoku earthquake on Sino – Japan trade: a comparative perspective [J]. Nat Hazards ,2015 ,75(1) : 541 – 56.
- [9] COCHRANE H C. Predicting the economic impact of earthquakes [C]// Social Science Perspectives on the Coming San Francisco Earthquake ,1974.
- [10] SCHNEIDER P J ,SCHAUER B A. HAZUS – its development and its future [J]. Natural Hazards Review ,2006 ,7(2) : 40 – 4.
- [11] GORDON P ,RICHARDSON H W ,DAVIS B. Transport – related impacts of the Northridge earthquake [M]. National Emergency Training Center ,1998.
- [12] OKUYAMA Y ,CHANG S E. Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters [M]. Springer Science & Business Media ,2004.

- [13] Rose A , Benavides J , Chang S E , 等. The regional economic impact of an earthquake: direct and indirect effects of electricity lifeline disruptions [J]. *J Regional Sci* , 1997 , 37(3) : 437 – 58.
- [14] 丁先军, 杨翠红, 祝坤福. 基于投入 – 产出模型的灾害经济影响评价方法 [J]. *自然灾害学报* , 2010 , 19(2) : 113 – 8.
- DING Xianjun , YANG Cuihong , ZHU Kunfu. A method based input – output model to evaluate the economic impact of disasters [J]. *Journal of Natural Disasters* , 2010 , 19(2) : 113 – 118.
- [15] 李宁, 吴吉东, 崔维佳. 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.
- LI Ning , WU Jidong , CUI Weijia. Simulation of poster – disaster recovery and reconstruction period of Wenchuan earthquake based on adaptive regional input – output model [J]. *Journal of Natural Disasters* , 2012 , 21(2) : 68 – 75.
- [16] 李春华, 张德琼, 方益杭, 等. 基于 IO 模型的 2008 年冰雪灾害对湖南省经济影响的定量评估 [J]. *中南林业科技大学学报* , 2012 , 32(12) : 12 – 6.
- LI Chunhua , ZHANG Deqiong , FANG Yihang , et al. Quantitative assessment of impact of 2008 snow and ice disaster in Hunan on its economy by IO model [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology* , 2012 , 32(12) : 12 – 16.
- [17] 张鹏, 李宁, 刘雪琴, 等. 基于投入产出模型的洪涝灾害间接经济损失定量分析 [J]. *北京师范大学学报: 自然科学版* , 2012 , 48(4) : 425 – 31.
- ZHANG Peng , LI Ning , LIU Xueqin , et al. Quantitative analisis of indirect economic loss to flood disaster based on an input – output model [J]. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science* , 2012 , 48(4) : 425 – 431.
- [18] Mackenzie C A , Santos J R , Barker K. Measuring changes in international production from a disruption: case study of the Japanese earthquake and tsunami [J]. *Int J Prod Econ* , 2012 , 138(2) : 293 – 302.
- [19] Timmer M , Erumban A A , Gouma R , et al. The world input – output database (WIOD) : contents , sources and methods [R]. Rotterdam , Netherlands: Institute for International and Development Economics , 2012.
- [20] Dietzenbacher E , Los B , Stehre R , et al. The construction of world input – output tables in the Wiod Project [J]. *Econ Syst Res* , 2013 , 25(1) : 71 – 98.
- [21] Miller R E , Blair P D. Input – output Analysis: Foundations and Extensions [M]. Cambridge University Press , 2009.