

Study on the Changes of Industrial Structure in Sichuan Province before and after the "5.12 Wenchuan Earthquake"

Dongdong Zhu¹, Xianhua Wu^{2*}, Peipei Xue³

1. School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 211189, China

2. School of Economics and Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China

3. School of Management Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

Received November 16, 2018

Accepted January 5, 2019

Abstract

On the 10th anniversary of the "5.12 Wenchuan Earthquake" disaster, what changes have occurred in the industrial structure of Sichuan Province? It is an important topic for government, industry and the public. This paper analyzed the impact of Wenchuan earthquake on various industries in Sichuan Province by using the input-output table, deviation share analysis and structural decomposition. The results show that: (1) the growth rate of various industries is higher than the national average. (2) The output induced by final demand in the region accounts for a large proportion of the total output, and the output induced by the export demand accounts for a relatively small proportion. Among them, the technical coefficient and the final demand coefficient have a greater impact on the regional final demand-induced output, and the export coefficient significantly affects the export-induced output. (3) In the mid-disaster stage, the purchasing power coefficient promotes the increase of output of the primary industry and most of the secondary industries. The final demand coefficient promotes the increase of output of the secondary industry, and the technical coefficient contributes greatly to the increase of output of the tertiary industry. (4) In the post-disaster period, the purchasing power coefficient and technical coefficient promoted the growth of the secondary industry, but the impact on the primary industry was not significant; the final demand coefficient promoted the growth of the tertiary industry, and the technical coefficient was reversed. Finally, the corresponding policy recommendations were put forward. This paper enriches the study of disaster economics and provides an empirical reference for emergency and aid construction after the disaster.

Keywords: Wenchuan earthquake, Input-output table, Shift-Share Method, Structural decomposition method

*Corresponding author: wxxhua_77@nuist.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金重大研发计划培育项目: “支持应急决策的气象灾害大数据融合的方法研究” (91546117); 国家自然科学基金面上项目: “支持应急联动政策设计的气象灾害间接经济损失评估的方法研究” (71373131); 国家社科重大招标项目: “基于大数据融合的气象灾害应急管理研究” (16ZDA047)。

“5.12 汶川地震”前后四川省产业结构的变化研究

朱冬冬¹, 吴先华^{2*}, 薛佩佩³

1. 东南大学/经济管理学院, 南京 211189, 中国
2. 上海海事大学/经济管理学院, 上海 200135, 中国
3. 南京信息工程大学/管理工程学院, 南京 210044, 中国

摘要:在“5.12 汶川地震”灾害发生10周年之际,探讨四川省的产业结构发生了哪些变化?是政府、产业界和社会公众关注的重要话题。本文利用投入产出表,采用偏离份额分析法和结构分解法,分析了汶川地震对四川省各产业的影响。结果表明:(1)各产业的增长速度高于全国平均水平。(2)区域内最终需求诱发的产出在总产出中占比较大,出口需求诱发的产出占比较小。其中,技术系数、最终需求系数对区域最终需求诱发产出的影响较大,出口系数显著影响了出口需求诱发的产出。(3)灾中阶段,购买力系数促进了第一产业及大部分第二产业产出的增加,最终需求系数促进了第二产业产出的增加,技术系数对第三产业产出的增加贡献较大。(4)灾后阶段,购买力系数、技术系数促进了第二产业的增长,但对第一产业的影响不显著;最终需求系数促进了第三产业的增长,技术系数则相反。最后提出了相应的政策建议。本文丰富了灾害经济研究,可为灾后的应急和援建工作提供实证参考。

关键词:汶川地震;投入产出表;偏离份额分析法;结构分解法

1. 引言

频繁发生的自然灾害对人类社会生活造成了严重影响。其中,地震灾害由于其突发性强、破坏性大、次生灾害多、灾后重建周期长等特点,对人类社会造成的影响尤为严重。20世纪以来,中国共发生了近800次6级以上地震,死亡人数超过59万。2008年5月12日,我国四川省汶川县发生8.0级地震,受灾范围包括四川、甘肃、陕西等6个省的237个县(市、区),面积达10万多平方公里,造成69227人遇难、374643人受伤、17923人失踪,直接经济损失达8451亿。面对严峻灾情,中央政府提出“对口援建”政策,采取“恢复与发展相融合”的整体跨越式重建之路,使灾区经济在较短的时间内得到恢复。但是,在灾害重建前后,四川省的产业结构发生了哪些变化?哪些因素促进了这种变化?鲜见相关研究。

近年来,许多学者研究了灾害对产业结构的影响。如Skidmore and Toya、Cuaresma

和Cavallo et al.提出灾害会导致产业结构发生改变¹⁻³。Okuyama认为,灾害不仅会导致产业结构变化,而且会进一步影响受灾地区经济的长期增长⁴。但这种影响有多大?持续时间有多长?学者们的观点不一。如Fujiki and Cheng认为灾害的影响是短暂的⁵。Chang通过采用简单的指标衡量地震后神户市的恢复情况。结果表明,灾后重建需要注入3-4年的经济收益,且恢复后的经济水平比灾前大约低10%⁶。Dupont and Noy采用计量经济模型,分析了1995年神户地震后灾区经济的长期走势。研究显示,地震对该地区的经济产生了持续不利的影响⁷。李卫江等从产业网络中灾害扩散的角度,对其造成的经济损失类型及研究进展进行了系统梳理,评估了产业空间网络风险⁸。学者们还研究了灾害对农业等具体产业的影响。如Klomp and Hoogezand认为自然灾害会提高对农业贸易的管制水平⁹。Okuyama利用神户地区的投入产出表,对神户地震后各产业

的变化情况进行了详细的分析,并研究了灾区产业结构的变化情况¹⁰。Akhtar and Santos利用动态非正常投入产出模型评估了飓风灾害造成的各部门经济损失,并对各部门的敏感性进行了排序¹¹。吴先华等分别采用非正常投入产出模型和可计算一般均衡模型研究了灾害对各产业的影响等^{12,13}。但目前很少有文献研究灾区产业结构在灾害前后的变化情况,且对产业结构变化的原因探究也不够深入,难以把握灾害的影响范围和变化规律。

基于以上考虑,本文以汶川地震灾害为例,运用偏离份额分析法、结构分解法,从动态角度分析汶川地震对四川省各产业的影响。一方面丰富了灾害经济学相关的研究文献,另一方面可为灾后重建政策的完善提供实证参考,具有重要的理论和现实意义。

2. 数据和方法说明

2.1 方法说明

2.1.1. 偏离份额分析法

将区域某时期经济总量的变动分解为地区增长份额(N)、产业结构偏离份额(P)和区位特征偏离份额(R),通过这些指标评估研究区域的经济结构和产业竞争优势。具体过程如下。

首先,将区域经济产出(G_i)在某个时间段的动态变化分解为3个变量,分别为地区增长份额(N_i)、产业结构偏离份额(P_i)和区位特征偏离份额(R_i),具体公式为:

$$G_i = x_i^1 - x_i^0 = \Delta x_i \quad (1)$$

$$G_i = \Delta x_i = N_i + P_i + R_i \quad (2)$$

其中, N_i 、 P_i 、 R_i 为:

$$N_i = x_i^0(X^1/X^0 - 1) \quad (3)$$

$$P_i = x_i^0(X_i^1/X_i^0 - X^1/X^0) \quad (4)$$

$$R_i = x_i^0(x_i^1/x_i^0 - X^1/X^0) \quad (5)$$

式中, x_i^1 和 x_i^0 分别对应研究区域第*i*产业的报告期和基期产出, X^1 和 X^0 分别对应参照区域报告期和基期的总产出, X_i^1 和 X_i^0 分别

对应参照区域第*i*产业的报告期和基期产出。 N_i 、 P_i 、 R_i 的经济意义如下: N_i 为地区增长份额,表示如果研究区域与参照区域各产业的经济产出总值同比例增长时,到报告期实现的增长量。对 N_i 值的正负性进行研究,从而得出研究地区与参照地区各产业的整体增长速度差异。即如果 N_i 值大于0,那么研究区域产业的实际增长水平快于参照地区,反之则小于0。 P_i 为产业结构偏离份额,指因研究区域内某产业的比重与全国相应产业的比重差异而引起该产业的增长相对于全国平均值所产生的偏差, P_i 的值越大,说明产业结构对经济产出总量增长的贡献越大。 R_i 为区位特征偏离份额,表示研究区域各个产业的基期产值,按照研究地区第*i*产业实际增长率计算的增长额,与按照参照地区第*i*产业增长率计算的增长额之间的差额,即该地区与全国的同产业因增长速度不同而引起的偏差,反映了研究地区该产业相对于全国的竞争力。 R_i 的值越大,表明该产业具有相对竞争优势,对经济增长的作用就越大。

2.1.2. 结构分解法

通过对投入产出表进行结构分解,能够取得关于经济结构变化的信息。基本思路是通过对多种因素的分解,如技术变化、需求变化、贸易模式变化等,对产业结构变化进行解释。我国的投入产出表是竞争型投入产出模型,在假设进口产品与国内产品互为完全替代品的情况下,投入产出表的恒等关系可以改写成:

$$x + m = Ax + f + e \quad (6)$$

式中, x 表示总产出列向量, m 为进口列向量(包括本地区从国内其他省份的调入和从国外的进口), A 是直接消耗系数矩阵, f 表示最终产出列向量。 e 为出口列向量(包括本地对国内其他省份的调出和对国外的出口)。

定义进口系数为对角矩阵 $M_i =$

$m_i/(Ax + f)$, 其中 m_i 为第 i 产业的进口列向量。则(6)式可变为:

$$(I - (I - M_i)A)x = (I - M_i)f + e \quad (7)$$

定义 $D = I - M_i$ 为区域购买力系数, 即为满足每单位区域产品需求所消耗的区域资源, 则(7)式可变为:

$$x = (I - DA)^{-1}(Df + e) \quad (8)$$

根据(8)式可将总产出列向量分成两部分: 区域内最终需求诱发的产出和出口需求诱发的产出, 分别用 X_r 和 X_e 表示, 如下式所示:

$$X_r = (I - DA)^{-1}Df \quad (9)$$

$$X_e = (I - DA)^{-1}e \quad (10)$$

为进一步分析哪些因素对总产出的增长变化产生影响, 将 X_r 和 X_e 进行分解。定义 $F = Df$, 上标 1、0 分别表示报告期和基期:

$$\frac{x_r^1}{x_r^0} = \frac{(I - D^1 A^1)^{-1} F^1}{(I - D^0 A^0)^{-1} F^0} \quad (11)$$

定义 $L_r = (I - DA)^{-1}$, 运用两极分解法, 综合基期和报告期的分解, (11)式可转换为:

$$\frac{x_r^1}{x_r^0} =$$

$$\sqrt{\frac{(I - D^1 A^1)^{-1} F^1}{(I - D^0 A^0)^{-1} F^1} \times \frac{(I - D^1 A^0)^{-1} F^0}{(I - D^0 A^0)^{-1} F^0} \times \frac{(I - D^0 A^1)^{-1} F^1}{(I - D^0 A^0)^{-1} F^1} \times \frac{(I - D^1 A^1)^{-1} F^0}{(I - D^1 A^0)^{-1} F^0} \times \frac{L_r^1 F^1}{L_r^0 F^0} \times \frac{L_r^0 F^0}{L_r^1 F^0}} \quad (12)$$

$$\text{定义 } D^{1*} = \frac{(I - D^1 A^1)^{-1} F^1}{(I - D^0 A^1)^{-1} F^1}, D^{0*} = \frac{(I - D^1 A^0)^{-1} F^0}{(I - D^0 A^0)^{-1} F^0},$$

$$A^{1*} = \frac{(I - D^0 A^1)^{-1} F^1}{(I - D^0 A^0)^{-1} F^1}, A^{0*} = \frac{(I - D^1 A^1)^{-1} F^0}{(I - D^1 A^0)^{-1} F^0}, F^{1*} =$$

$$\frac{L_r^1 F^1}{L_r^1 F^0}, F^{0*} = \frac{L_r^0 F^0}{L_r^0 F^0}, \text{ 则(6)式可转化为:}$$

$$\frac{x_r^1}{x_r^0} \sqrt{D^{1*} * D^{0*} * A^{1*} * A^{0*} * F^{1*} * F^{0*}} \quad (13)$$

利用两极分解法, 如下所示:

$$dD = \frac{1}{2} * (\Delta D_i^r - \Delta D_i^N) (\Delta A_i^r * \Delta F_i^r + \Delta A_i^N * \Delta F_i^N) * x_{r_i}^0 \quad (14)$$

$$dF = \frac{1}{2} * (\Delta F_i^r - \Delta F_i^N) (\Delta D_i^r * \Delta A_i^N + \Delta D_i^N * \Delta A_i^r) * x_{r_i}^0 \quad (15)$$

$$dA = \frac{1}{2} * (\Delta A_i^r - \Delta A_i^N) (\Delta D_i^r * \Delta F_i^N + \Delta D_i^N * \Delta F_i^r) * x_{r_i}^0 \quad (16)$$

则(5)式可转换为:

$$R_i^r = X_{r_i}^0 (\Delta D_i^r * \Delta A_i^r * \Delta F_i^r - \Delta D_i^N * \Delta A_i^N * \Delta F_i^N) \quad (17)$$

根据同样的转换方法也可以对 $\frac{x_e^1}{x_e^0}$ 进行拆分, 得到下式:

$$R_i^e = X_{e_i}^0 (\Delta D_i^e * \Delta A_i^e * \Delta e_i^e - \Delta D_i^N * \Delta A_i^N * \Delta F_i^N) \quad (18)$$

式中, ΔD 、 ΔA 、 ΔF 、 Δe 分别代表区域购买力系数变化、技术系数变化、区域最终需求系数变化以及出口系数变化。

2.2 数据说明

本文主要用到与投入产出表相关的数据。由于 2002 年前后的中国和各省的投入产出表的分类差异较大, 故采用了 2002、2007、2010 和 2012 年的投入产出表。2012 年投入产出表的产业分类是按照 2011 年的《国民经济行业分类》(GB/T4754-2011) 进行的, 这与 2002、2007 和 2010 年采用的分类标准略有不同。因此本文对一些产业进行了归类和合并, 如将通用、专用设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业合并为一个产业, 将造纸印刷和文教体育用品、其他制造产品和废品废料合并为一个产业, 科学研究和技术服务合并为一个产业等。

3. 实证分析

3.1 2002-2012 年间不同阶段各产业增长速度对比

将各产业总产出作为衡量经济增长的指标, 2002-2007 作为灾前阶段、2007-2010 作为灾中阶段、2010-2012 作为灾后阶段, 对这三个阶段的各产业经济增长速度进行比较。总体来看, 第一产业在灾中阶段保持快速增长, 但灾后并未保持高速增长态势。第二产业在这次地震灾害中受损严重, 与灾

前相比，大部分产业灾后增长较慢，而第三产业则保持比灾前更高的速度增长。具体请见图 1 所示。

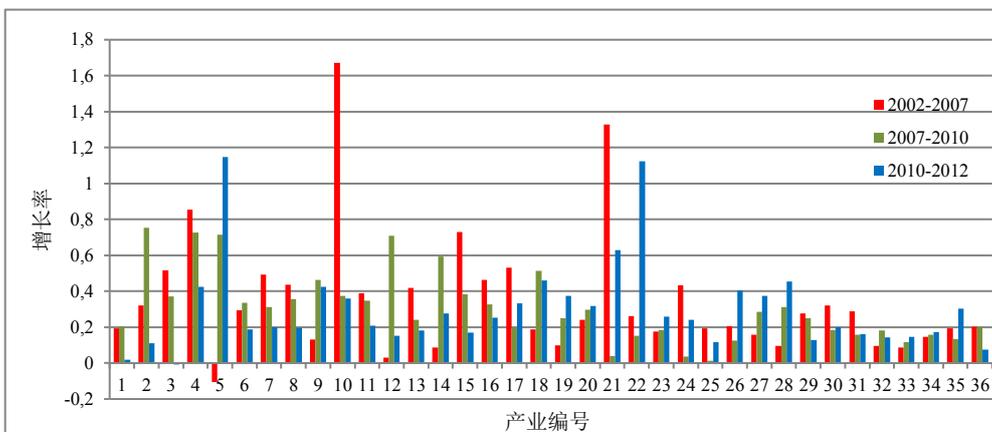


图 1 四川省 2002-2007 年、2007-2010 年、2010-2012 年各产业增长速度对比

注：2002-2007 投入产出表中公共管理和社会组织业数值为 0，故未对该产业增速进行分析。

3.2. 2002-2012 年间各产业的偏离份额分析

从灾前阶段来看，各产业的地区增长份额均大于 0，表明各产业的增速高于全国平均水平。其中，第一产业具有明显的竞争优势，第二产业对经济的贡献大于第三产业。具体而言，农林牧渔业等产业的结构偏离份额小于 0，表明这些产业对四川省经济增长的促进作用不明显。化学工业等产业的结构偏离份额大于 0，表明这些产业对四川省经

济增长有明显的促进作用。其中，非金属矿物制品业和金属冶炼及压延加工业对经济增长的贡献较大。此外，农林牧渔业等产业的区位特征偏离份额大于 0，相对全国平均水平，这些产业具有较好的竞争力。但是非金属矿采选业等产业的区位特征偏离份额小于 0，表明相对于全国而言，这些产业没有明显的竞争优势。具体请见图 2。

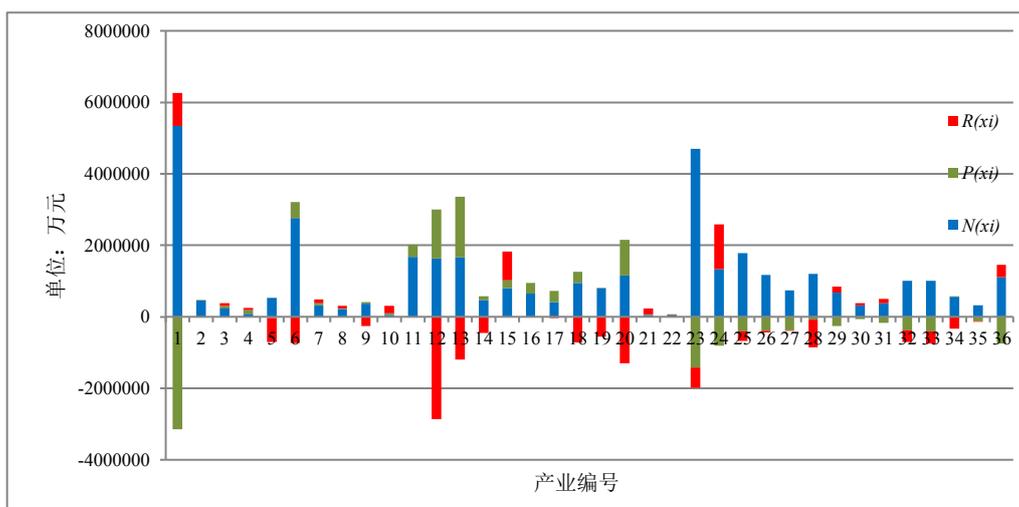


图 2 四川省 2002-2007 年各产业产出增长水平的偏离份额

注：（1）2002-2007 投入产出表中公共管理和社会组织业数值为 0，故未对该产业产出增长水平的偏离份额进行分析。（2） $R(xi)$ ：区位特征偏离份额， $P(xi)$ ：产业结构偏离份额， $N(xi)$ ：地区增长份额。

从灾中阶段来看,各产业的地区增长份额大于0。第一产业仍然具有竞争优势,但此次地震灾害对第二产业的负面影响较大,第三产业对经济增长的拉动作用增强。相比灾前阶段而言,石油和天然气开采业等产业的产业结构偏离份额由正变负,表明地震使得这些产业的比重下降,对经济增长的贡献减弱。建筑业等产业的产业结构偏离份额由负变正,即这些产业的比重增加。观察各产业的区位特征偏离份额可以发现,非金属矿采选业等产业的区位特征偏离份额由负变正,表明这些产业在地震中受损严重,竞争力减弱,对经济产出的拉动作用减弱。但燃气生产和供应业等产业的区位特征偏离份额由正变负,表明这些产业的竞争力下降。

在灾后阶段,各产业的地区增长份额大于0,高于全国的平均水平增长。第一产业的竞争力大幅削弱;第二产业的恢复较慢,在第二产业中,不同产业对经济增长所起作用的差异较大;第三产业的恢复较快。具体而言,灾后阶段,煤炭开采和洗选业等产业的产业结构偏离份额由正变负,表明灾后这些产业在总产业中的相对份额降低。而农林牧渔业等产业的产业结构偏离份额由负变正,表明这些产业相对份额变大。各产业的区位特征偏离份额相对稳定。农林牧渔业和金融保险业的区位特征偏离份额由正变负,表明这两个产业的竞争优势减弱;燃气生产和供应业等产业的区位特征偏离份额由负变正,表明这些产业的竞争力增强。

总体而言,第一产业在灾中阶段保持高速增长,但灾后增速放缓,相对竞争优势减弱。第二产业整体受损严重,相比灾前,第二产业对经济增长的促进作用减弱,但第二产业中的产业在不同阶段的结构偏离份额、区位特征偏离份额差异明显,这表明这些产业在不同阶段对四川的经济发展起到了不同作用。第三产业的增速保持快速增长,大

部分产业的竞争力增强,促进了经济的发展。

3.3. 最终需求和出口需求诱发的产出变化

在灾中阶段,第二产业的区域内最终需求诱发的产出所占比重较大,且高于第三产业。具体而言,农林牧渔业等产业的区域内最终需求和出口需求的诱发产出大于0,表明这些产业对各产业发展起促进作用。但电气、机械及器材制造业等产业的区域内最终需求和出口需求的诱发产出小于0,表明这些产业的促进作用不明显。此外,食品制造及烟草加工业等产业的区域内最终需求诱发的产出大于0、出口需求诱发的产出小于0,表明区域内最终需求诱发的产出促进了总产出的增加,但出口需求却相反。而纺织业等产业的区域内最终需求诱发的产出小于0、出口需求诱发的产出大于0。

在灾后阶段,区域内最终需求诱发的产出在总产出中仍占据很大比重,出口需求诱发的产出所占比重较小。可见灾后区域内最终需求促进了大部分产业产出的增加。其中,农林牧渔业等产业的出口需求诱发的产出由正变负,表明这些产业的产出水平受出口因素的影响减弱。食品制造及烟草加工业等产业的出口需求诱发的产出由负变正,表明出口促进了这些产业的发展。此外,农林牧渔业等产业的区域内最终需求诱发的产出由正变负,表明内需对产出的促进作用减弱。纺织业等产业的区域内最终需求诱发的产出的值由负变正,表明区域内需求对这些产业产出的增长起到了促进作用。

3.4. 最终需求和出口需求诱发的结构分解

此外,本文还分析了各产业的区域购买力系数、技术系数、区域最终需求、出口系数对区域内最终需求诱发产出和出口需求诱发产出的影响。在灾中阶段和灾后阶段,区域最终需求和技术系数的变化对最终需

求诱发的产出的影响较为明显,表明区域购买力和直接消耗对各产业最终需求诱发的产出影响较大。其中,区域最终需求系数对第二产业影响最大,在最终需求诱发产出中占据了很大比重,这反映出区域购买力是拉动第二产业产出增加的重要因素,而第三产业却相反。但第三产业中技术系数贡献明显,影响程度远大于区域最终需求系数,说明技术系数对于促进第三产业的发展起到了积极作用。区域购买力系数对第一产业、第二产业影响较大,对第三产业影响较小。

具体而言,与2007-2010灾中阶段相比,食品制造及烟草加工业等产业的区域最终需求系数由正变负,变化幅度较大,而金属冶炼及压延加工业等产业的区域最终需求系数由负变正。农林牧渔业等产业的区域购买力系数由正变负,表明区域内产品消耗系数减小,抑制了这些产业的区域内最终需求诱发的产出。农林牧渔业等产业的技术系数变为负值,但煤炭开采和洗选业等产业的技术系数变为正值,通用、专用设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业的技术系数明显增大,交通运输、仓储和邮政的技术系数明显减小。此次地震事件中,区域购买力系数、技术系数、区域最终需求系数的变化对最终需求诱发的产出产生了十分明显的影响。

再从出口需求诱发产出的影响因素来看,在灾中阶段,出口系数拉动了第一产业出口需求诱发产出的增长。对纺织业等产业起到了积极的作用,但食品制造及烟草加工业等产业却相反。区域购买力系数、技术系数对出口需求诱发产出的影响较小,技术系数促进了食品制造及烟草加工业等产业的出口需求诱发产出的增长,煤炭开采和洗选业等产业的出口系数变为负值,但交通运输设备制造业等产业的出口系数变为正值。煤炭开采和洗选业等产业的技术系数显著减小,各产业的区域购买力系数较为稳定。

可见出口系数对各产业的出口需求诱发产出的影响十分明显。

从偏离份额分析和结构分解的结果来看,汶川地震对四川各产业的影响十分明显,对总体的产业结构也产生了重要的影响。如上所述,在2007-2010灾中阶段和2010-2012灾后阶段,各产业的产出增速呈现出一直下降、一直增长、先增后降、先降后增的不同发展趋势,各产业对经济的贡献度以及竞争力也发生了不同的变化。

4. 结论与建议

本文基于对投入产出表的分析,运用偏离份额分析法、结构分解法对汶川地震后四川省各产业的变化情况做了详细的研究。

结果表明,第一,各产业的增长速度变化不一,各产业产出的增长速度高于全国平均水平,但灾后第一产业的竞争力减弱,第三产业的竞争力增强。第二,区域内最终需求诱发的产出占总产出的比重较大,出口需求诱发的产出占总产出的比重较小。技术系数、区域最终需求系数对总产出中区域内最终需求诱发的产出的影响较大,出口系数对各出口需求诱发的产出影响十分明显。第三,灾前阶段,区域购买力系数促进了第一产业及第二产业中大部分产业的区域内最终需求诱发产出的增加,区域最终需求系数拉动第二产业尤其是制造业的增加,技术系数对第三产业的区域内最终需求诱发的产出贡献巨大。灾后阶段,区域购买力系数、技术系数抑制了第一产业的增长,技术系数拉动了第二产业区域内最终需求诱发产出的增长,区域最终需求系数促进了第三产业区域内最终需求的诱发产出的发展,技术系数对第三产业的区域内最终需求诱发的产出起反作用。第四,第一产业的感应度系数和影响力系数降幅明显,第三产业的关联性相对较弱,第二产业则表现出较高的相关性,但第二产业内部产业的关联性差异化明显。

基于以上研究，可提出以下建议：

首先，灾后应继续保持对第一产业的援助，确保第一产业的竞争优势，更好地为其他产业的发展提供基础性支持。对第二产业实行有差别的援助政策，精确扶助相关产业，利用第二产业的高影响力，充分发挥其对经济增长的拉动作用。同时，应当注重利用第三产业推动社会经济的全面进步。兼顾各方利益、统筹各行业的协调发展。

其次，区域内最终需求和出口需求对产业竞争力的影响较大，灾后部分产业内需疲软，区域内消耗的减弱对第一产业的影响较大。因此应当注重扩大内需，增强产业竞争力，促进该部分产业对经济的拉动作用。同时，应发掘各产业的出口潜力，通过增加出口促进各产业的发展。还应注重技术系数的变化对第三产业的负面影响，提高第一、二产业的技术创新能力，促进各产业均衡协调发展。

参考文献

1. M. Skidmore, H. Toya. Do Natural Disasters Promote Long-Run Growth? *J. Economic Inquiry*, 40(4) (2010) 664-687.
2. J. C. Cuaresma, J. Hlouskova, M. Bersteiner. Natural Disasters as creative destruction? Evidence from Developing Countries, *J. Economic Inquiry*, 46(2) (2010) 214-226.
3. E. Cavallo, S. Galiani, I. Noy, et al.. Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth, *J. Research Department Publications*, 95(5) (2013) 1549-1561.
4. Y. Okuyama. Economics of Natural Disasters: A Critical Review, *J. Research Paper*, (2003).
5. H. Fujiki, H. Cheng. Disentangling the Effects of Multiple Treatments—Measuring the Net Economic Impact of the 1995 Great Hanshin-Awaji Earthquake, *J. Journal of Econometrics*, 186(1) (2015) 66-73.
6. S. E. Chang. Urban Disaster Recovery: A Measurement Framework and Its Application to the 1995 Kobe Earthquake, *J. Disasters*, 34(2) (2010) 03-327.
7. W. Dupont, I. Noy. What Happened to Kobe? a Reassessment of the Impact of the 1995 Earthquake in Japan, *J. Economic Development & Cultural Change*, 63(4) (2015) 777-812.
8. W. Li, J. Wen, X. Li. Progress of Research on Economic Loss Assessment of Disasters in Industrial Networks, *J. Progress in Geography*, 37(3) (2018) 330-341.
李卫江, 温家洪, 李仙德. 产业网络灾害经济损失评估研究进展[J]. *地理科学进展*, 2018, 37(3):330-341..
9. J. Klomp, B. Hoogezand. Natural Disasters and Agricultural Protection: A Panel Data Analysis, *J. World Development*, 104 (2018) 404-417.
10. Y. Okuyama, J. R. Santos. Disaster Impact and input-Output Analysis, *J. Economic Systems Research*, 26(1) (2014) 1-12.
11. R. Akhtar, J. R. Santos. Risk-based Input-Output Analysis of Hurricane Impacts on Interdependent Regional Workforce Systems, *J. Natural Hazards*, 65(1) (2013) 391-405.
12. L. Zhou, X. WU, G. Gao. Analysis of Indirect Economic Loss of Meteorological Disasters among the Belt and Road Typical Countries Based on the MRIO Model—Taking the China's Typhoon Rammasun in 2014 as An Example, *J. Journal of Natural Disasters*, 10 (2018) 1-10.
周蕾, 吴先华, 高歌. 基于 MRIO 模型的“一带一路”国家间的气象灾害间接损失分析——以 2014 年中国“威尔逊”台风灾害为例[J], *自然灾害学报*, 2018(10):1-10.
13. X. Wu, L. Tan, J. Guo, L. Zhou. How Much Damage Does Resilience Reduce: An Empirical Study Based on Improved CGE Model, *J. Journal of Management Sciences in China*, 7 (2018) 66-76.
吴先华, 谭玲, 郭际, 等. 恢复力减少了灾害的多少损失——基于改进 CGE 模型的实证研究[J]. *管理科学学报*, 2018(7): 66-76.

附录

附表1 各产业说明

序号	部门
1	农林牧渔业
2	煤炭开采和洗选业
3	石油和天然气开采业
4	金属矿采选业
5	非金属矿及其他矿采选业
6	食品制造及烟草加工业
7	纺织业
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业
9	木材加工及家具制造业
10	石油加工、炼焦及核燃料加工业
11	化学工业
12	非金属矿物制品业
13	金属冶炼及压延加工业
14	金属制品业
15	通用、专用设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业
16	交通运输设备制造业
17	电气、机械及器材制造业
18	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
19	造纸印刷和文教体育用品、其他制造产品、废品废料
20	电力、热力的生产和供应业
21	燃气生产和供应业
22	水的生产和供应业
23	建筑业
24	批发和零售贸易业
25	交通运输、仓储和邮政
26	住宿和餐饮业
27	信息传输、计算机服务和软件业
28	金融保险业
29	房地产业
30	租赁和商务服务业
31	科学研究和技术服务
32	水利、环境和公共设施管理业
33	居民服务和其他服务业
34	教育
35	卫生、社会保障和社会福利业
36	文化、体育和娱乐业
37	公共管理和社会组织