

王桂芝, 李霞, 陈纪波, 等. 基于IO模型的多部门暴雨灾害间接经济损失评估——以北京市“7. 21”特大暴雨为例[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 94-99. [Wang Guizhi, Li Xia, Chen Jibo, et al. The rainstorm indirect economic loss assessment of multi departments based on IO model——A case study on the rainstorm on July, 21st in Beijing[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(2): 94-99.]

基于IO模型的多部门暴雨灾害间接经济损失评估 ——以北京市“7. 21”特大暴雨为例*

王桂芝¹, 李霞¹, 陈纪波¹, 吴先华²

(1. 南京信息工程大学 数学与统计学院, 江苏 南京 210044; 2. 南京信息工程大学 经济管理学院, 江苏 南京 210044)

摘要: 社会经济的不断发展使得国民经济各部门间的联系日趋多元化, 一类灾害的发生不仅会影响到某单个部门, 更会通过部门间的关联效应进一步将这种影响延伸到与之关联的行业甚至整个经济系统。因此尝试改进单部门损失传导投入产出模型, 通过引入多部门直接损失值, 推导其他关联部门的因灾产业损失, 并以2012年7月北京特大暴雨为例进行了实证分析。结果表明: 北京“7. 21”特大暴雨共造成88. 1275亿元的总产出损失和31. 3475亿元增加值损失; 相较于第三产业, 加工制造业等高成本第二产业更易受暴雨灾害产业关联影响; 部分行业增加值不降反增, 一定程度上验证了Okuyama, Schumpeter等学者的判断——灾害虽然在一定程度上破坏了现有的社会经济基础, 但在恢复和重建过程中会促进区域经济增长。

关键词: 产业; 关联损失; 北京; “7. 21”特大暴雨; 投入产出; 间接经济损失

中图分类号: F062. 2; P429; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)02-0094-06

doi: 10. 3969/j. issn. 1000-811X. 2015. 02. 018

中国是一个受气象灾害影响严重的国家, 每年气象灾害占自然灾害的比例高达70%以上, 其发生频率之高, 范围之广, 令人闻而生畏。仅北京一个城市而言, 沙尘、暴雨、雷电、冰雹、大雪、洪涝、高温、连阴雨等一系列气象灾害就频繁交替发生, 其中又以暴雨洪涝为甚。2011年6月下旬, 北京遭遇了进入21世纪以来最大的一次强降雨, 造成城市严重内涝, 农作物大量受损, 交通中断, 电网频繁故障, 部分甚至被迫断电, 给整个社会的运转造成了巨大的负面影响。2012年7月21日, 北京再次遭遇大范围的暴雨, 全市平均降雨量170 mm, 城区平均降雨量215 mm, 降雨总量为新中国成立以来之最, 降雨时间长达16h, 共造成10660间房屋倒塌, 190万人口受灾, 79人死亡, 25条10千伏架空线路发生永久性故障。城区95处道路因积水断路, 地铁机场线部分停运, 部分在建路站甚至发生坍塌, 铁路临时停运8条, 首都机场国内进出港航班取消229班, 延误246班, 国际进出港航班取消14班、延误26班, 造成大量旅客滞留。暴雨使城市俨然成了“地面海”, 给全市带来了116.4亿元的直接经济损失, 数额巨大, 教训深刻。但这次暴雨给北京市带来了多大的间接经济损失? 如何测算此类灾害带来的间接经济损失? 一直是人们关注的热点和难点问题。

目前国内外用来评估灾害经济影响的方法主

要有以下四种^[1]: ①比例系数法, 如都吉夔^[2]等对汶川地震灾害间接经济损失的粗略评估; ②计量经济学法, 如张显东^[3]以哈罗德-多马模型为出发点对灾害间接损失的计量; ③CGE方法, 如Narayan^[4]对2003年Ami飓风袭击对斐济岛的短期宏观经济影响的模拟评估; ④投入产出法, 如张鹏等^[5]从供给和需求两个角度对洪涝灾害给湖南省农业部门造成的损失进行的估算。这四类方法中, 比例系数法虽然操作简便, 但科学性不好把握, 计量经济学法需要较长的时间序列数据做支撑, 而CGE模型的校准需要从外部数据获取模型弹性值, 难以确定其准确性, 只有投入产出法不仅具备可靠的数据基础, 还能有效反映各部门间的损失传导效应和交互作用。故本文拟以投入产出模型为出发点, 通过引入多部门的因灾直接损失值改进原始单部门损失传导模型, 以同时体现多个部门的损失传导过程, 并从投入产出表行向与列向两个角度对因灾间接经济损失进行估算, 以描述各部门受灾程度。

1 模型结构

投入产出法(IO)在投入产出表的基础上, 通

* 收稿日期: 2014-09-27 修回日期: 2014-11-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(71373131, 71140014); 国家软科学计划项目(2011GXQ4B025); 国家公益性行业专项(GYHY200806017)

作者简介: 王桂芝(1960-), 女, 蒙古族, 内蒙古赤峰人, 教授, 硕士生导师, 研究方向为应用统计. E-mail: wgznuist@163.com

过建立对应的投入产出方程组,构建出了一套能够反映国民经济各部门和社会再生产环节间经济技术联系的经济模型。自 1970 年开始,国内外学者开始把该方法引入进灾害影响评估中来,如 Okuyama^[6] 建立了一个基于连续时间的行业时序关联模型,以跟踪反映灾害对经济的影响因时间推移、区域联系和行业生产动态性等因素而产生的变化。国内比较有代表性的有徐嵩龄^[7],针对已有投入-产出方法在损失定位和数据处理方面存在的问题,提出分别从行平衡和列平衡方向研究灾害导致的产业关联型间接经济损失的方法;黄渝洋^[8] 从三种间接损失类型角度对地震灾损的计量;路琮^[9] 指出在利用 IO 评估灾害影响时,使用最终需求损失和总产出损失作为直接经济损失的区别。IO 模型能够直观体现各部门之间复杂的经济关系,一个部门生产的最终产品同时也是其他部门的中间投入,一旦灾害发生,导致某个部门生产能力受损,这种影响将会进一步扩张,带动其他部门的产出发生变化,这种变化就是我们所谓的“产业连锁效应”。正是由于这种连锁关系的存在,使得 IO 模型在灾害损失评估方面的应用越来越广泛。

1.1 模型假设

为了确保 IO 模型函数形式的唯一性,在使用该方法对气象灾害造成的经济损失进行定量研究时,需要基于以下几个假设:

(1) 每个部门都有自己特定的投入结构和生产工艺,一个部门只生产一种产品,同一部门内产品可以互相替代,而不同部门间产品不能自动替代;

(2) 各部门的投入与产出成正相关,且存在稳定的线性关系;

(3) 任 n 个部门的投入之和与产出之和持平,部门生产不受外部经济因素影响的制约;

(4) 整个国民经济系统中各部门之间保持一种稳定的连锁关系,气象灾害的发生不会带来产业结构关系的变化。

1.2 模型推导

IO 模型的分析主要依赖于投入产出表,目前国内编制的投入产出表多以价值型投入产出表为主^[10],即以货币为计量单位,由投入产出表可以很清晰地了解各种产品是如何生产出来以及用到了何处。我国从 1987 年编制全国价值型投入产出表开始,确定逢 2、逢 7 年份编制调查表,逢 0、逢 5 年份结合调查与非调查方法编制投入产出延长表。由于数据更新需要一段时间,故文章假定短期内国民经济各部门之间保持一种稳定的投入产

出关系,在此基础上对气象灾害的短期影响进行分析。表 1 中给出了一个包含 n 个部门的价值型投入产出表,从横向看 x_{ij} 表示生产 j 部门产品对 i 部门产品的消耗,从列向看 x_{ij} 表示 i 部门分配给 j 部门使用的产品。

投入产出表中的数据需要同时满足行向与列向的均衡关系。在行向上,各部门的总需求为中间使用与最终使用的加和;在列向上,各部门的总供给等于部门中间投入与增加值之和,同时各部门的总供给与总需求保持一种均衡关系。

在产业经济分析中,直接消耗系数 a_{ij} 是对部门之间投入产出结构最直观的表达,尤其是从长期角度看,它能够清晰地反映各部门间稳定的投入产出关系。所谓直接消耗即生产加工某部门产品的过程中对另一部门产品的第一轮使用,其计算公式为:

$$a_{ij} = x_{ij}/Q_j, (i, j = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

式中: Q_j 表示对 j 部门的总投入,为投入产出表的各部门列向之和。一个简单的研究灾害损失的 IO 模型是将直接消耗系数引入投入产出表的行均衡关系

$Q_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i$ 中,因为 $x_{ij} = a_{ij} \cdot Q_j$, 且 $Q_i = Q_j$, 故有:

$$\begin{cases} a_{11}Q_1 + a_{12}Q_2 + \dots + a_{1n}Q_n + y_1 = Q_1; \\ a_{21}Q_1 + a_{22}Q_2 + \dots + a_{2n}Q_n + y_2 = Q_2; \\ \dots\dots\dots \\ a_{n1}Q_1 + a_{n2}Q_2 + \dots + a_{nn}Q_n + y_n = Q_n. \end{cases}$$

可以将以上线性方程组写成矩阵的形式:

$$AQ + Y = Q,$$

其中,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}.$$

$$\text{令 } I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ 则以上矩阵经整理后}$$

变成:

$$Q = (I - A)^{-1}Y. \quad (2)$$

式(2)就是 IO 模型最基本的数学模型,其中 $(I - A)^{-1}$ 称为列昂惕夫逆矩阵。

对直接经济损失和间接经济损失范围的界定直接影响着它们在 IO 模型中的表达,进而会造成损失评估结果的偏差。式(2)在总产品(总需求)与最终产品(最终使用)之间建立了一个桥梁,可以对它进行如下变形:

$$\Delta Q = (I - A)^{-1}\Delta Y. \quad (3)$$

如果简单地把直接经济损失定位于最终产品的损失 ΔY , 则可以通过以下方法计算间接经济损

表 1 价值型投入产出表

		中间使用				最终使用	总需求
		部门 1	部门 2	.....	部门 n		
中间投入	部门 1	x_{11}	x_{12}	.....	x_{1n}	y_1	Q_1
	部门 2	x_{21}	x_{22}	.....	x_{2n}	y_2	Q_2

	部门 n	x_{n1}	x_{n2}	.....	x_{nn}	y_n	Q_n
增加值	劳动者报酬	V_1	V_2	.....	V_n		
	生产税净额	T_1	T_2	.....	T_n		
	固定资产折旧	D_1	D_2	.....	D_n		
	营业盈余	M_1	M_2	.....	M_n		
总供给		Q_1	Q_2	.....	Q_n		

失:通过投入产出表及式(1)先计算出直接消耗系数矩阵 A ,再根据式(3)计算出总产品损失 ΔQ ,则间接经济损失可以用 $\Delta Q - \Delta Y$ 表示。但是既然有直接消耗的概念,对应地就存在产品的间接消耗,如在炼钢过程中需要消耗电力、生铁等材料,这里直接消耗的电力是对电力的第一轮使用,而在生产生铁过程中,又需消耗含铁混合物、电力等其他材料,这里对电力的消耗就是炼钢对电力的第二轮消耗,又称为第一次间接消耗,依此类推,会存在对电力的第三、第四……第 n 轮消耗,炼钢对电的直接消耗加上对电的多次间接消耗之和就是其对电力的完全消耗。这一示例告诉我们,关于灾害损失的研究应从完全消耗的角度出发,灾害发生造成的损失不能简单地仅看成最终产品的损失,它还包括了由于间接消耗减少带来的损失,简言之,应将直接经济损失的范围界定在总产品层面。直接消耗系数与完全消耗系数之间存在这样一种对应关系^[11]: $B = (I - A)^{-1} - I$,其中 B 表示完全消耗系数矩阵,则式(3)可用下式替代:

$$\Delta Q = (B + I)\Delta Y. \quad (4)$$

本文首先以农业部门为例,通过农业部门直接经济损失数据探析农业粮食产量减少对其他关联部门造成的影响,研究产业关联型间接经济损失。假设其他部门的最终产品保持不变,即 $\Delta Y_j = 0 (j \neq 1)$,由于灾后农业部门总产出的降低,导致其他部门对该部门的中间使用减少,进而导致各部门总需求发生变化,因此可以通过农业部门生产效率的降低来反映其他部门生产能力的变化。由式(4),得出整个经济系统总产品的变化为:

$$\begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Y_1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta Y_1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

式中: $b_{ij} (i, j = 1, \dots, n)$ 表示完全消耗系数。则农业部门的总产品变化方程为: $\Delta Q_1 = b_{11}\Delta Y_1 + \Delta Y_1$,即农业部门最终产品损失为 $\Delta Y_1 = \Delta Q_1 / (1 + b_{11})$ 。而根据式(5)还可以得到其他部门总产值的变化: $\Delta Q_i = b_{i1}\Delta Y_1$,故只要将农业部门最终产品损失值代入,即可得其他部门的产业关联间接经济损失:

$$\Delta Q_i = b_{i1}\Delta Q_1 / (1 + b_{11}). \quad (6)$$

1.3 模型改进与推广

实际情况中,灾害不可能只引起农业部门的直接经济损失,故本文拟把式(6)推广到多部门产业关联损失。假设有 i 个受灾部门,且除了这 i 个部门外,其他部门的最终产品保持不变,则式(5)对应地变为:

$$\begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_i \\ \vdots \\ \Delta Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1i} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2i} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{i1} & b_{i2} & \cdots & b_{ii} & \cdots & b_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{ni} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Y_1 \\ \Delta Y_2 \\ \vdots \\ \Delta Y_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta Y_1 \\ \Delta Y_2 \\ \vdots \\ \Delta Y_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

第一个方程为: $\Delta Q_1 = b_{11}\Delta Y_1 + b_{12}\Delta Y_2 + \cdots + b_{1i}\Delta Y_i + \Delta Y_1$,
.....

第 i 个方程为: $\Delta Q_i = b_{i1}\Delta Y_1 + b_{i2}\Delta Y_2 + \cdots + b_{ii}\Delta Y_i + \Delta Y_i$ 。

若已知这 i 个部门的总产品损失 $\Delta Q_1, \Delta Q_2, \dots, \Delta Q_i$,则可以通过联立方程组求解出对应的最终产品损失 $\Delta Y_1, \Delta Y_2, \dots, \Delta Y_i$ 。此外,由式(7)得其他各部门的总产品关联损失为:

$$\Delta Q_j = b_{j1}\Delta Y_1 + b_{j2}\Delta Y_2 + \cdots + b_{ji}\Delta Y_i, (j = i + 1, \dots, n). \quad (8)$$

利用式(8)所得的结果,将各部门损失数据加和可得全社会总产品产业关联损失。

由于投入产出表要求行平衡和列平衡同时存在,且各部门的总供给与总需求保持均衡,故在得知总产品损失的基础上,可以进一步从列向的角度计算各部门的增加值损失。从列向的角度推导增加值损失评估模型,其实是基于直接分配系数的概念(即从供给的角度出发)。直接分配系数,顾名思义,即一个部门分配给其他部门用作生产的产品占该部门总产品的比重,而把直接分配数量与中间分配数量进行加总就是该部门对其他部门的完全分配。前面本文把直接经济损失和间接经济损失都定义在总产品(总需求)层面,所以类似地,这里应该把损失定义在总供给层面,并且用完全分配系数来估算损失。

根据投入产出表列向的平衡关系,部门总供给是中间投入与增加值的加和,即 $Q_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} + Add_j$, ($j = 1, \dots, n$),其中 Q_j 表示部门总供给, x_{ij} 为中间投入, Add_j 表示部门增加值。直接分配系数可由下式计算: $a'_{ij} = x_{ij} / Q_i (i, j = 1, 2, \dots, n)$,其中 Q_i 为对 i 部门的总需求,是投入产出表的各部门行向之和。则总供给函数可用下式代替:

$$\begin{cases} a'_{11}Q_1 + a'_{21}Q_2 + \cdots + a'_{n1}Q_n + Add_1 = Q_1, \\ a'_{12}Q_1 + a'_{22}Q_2 + \cdots + a'_{n2}Q_n + Add_2 = Q_2, \\ \vdots \\ a'_{1n}Q_1 + a'_{2n}Q_2 + \cdots + a'_{nn}Q_n + Add_n = Q_n. \end{cases}$$

而由于各部门行和与列和相等,所以该式可以写成如下的矩阵形式: $A^T Q + Add = Q$,对应的增量方程为: $\Delta Q = (I - A^T)^{-1} \Delta Add$,其中 A 为直接消耗系数矩阵。而根据完全分配系数与直接分配系数之间的关系 $R = (I - A^T)^{-1} - I$,其中 R 为完全分配系数矩阵,则各部门总供给变化方程可用下式代替:

$$\Delta Q = (R + I) \cdot \Delta Add. \quad (9)$$

故在已知总供给损失和完全分配系数矩阵的前提下,则可由式(9)估算各部门增加值损失。

2 2012 北京暴雨产业关联损失定量分析

2.1 数据处理

(1) 完全消耗系数矩阵计算

由于在 2012 年 7 月北京暴雨发生之际,距离此次灾害最近的一次投入产出表是北京投入产出调查网公布的 2010 年北京投入产出延长表,故本文以 2010 年为基年测算完全消耗系数矩阵,即假定一段时期内各部门间保持稳定的投入产出关系。根据 2010 年北京投入产出延长表及式(1),先计算出各部门直接消耗系数,再利用 matlab 工具计算 $(I - A)^{-1}$,最后由完全消耗系数与直接消耗系数之间的对应关系式得到完全消耗系数矩阵如下,其中行与列部门顺序与北京市投入产出调查网公布的投入产出延长表部门顺序一致(由于篇幅限制,省略了部分数据)。

$$\begin{bmatrix} 0.2175 & 0.0084 & 0.0025 & 0.0052 & 0.0117 & \cdots & 0.0197 & 0.0094 & 0.0161 \\ 0.1349 & 1.2422 & 0.0169 & 0.0815 & 0.0320 & \cdots & 0.0435 & 0.0284 & 0.0340 \\ 0.0497 & 0.0604 & 0.3548 & 0.1703 & 0.0716 & \cdots & 0.0398 & 0.0329 & 0.0383 \\ 0.0279 & 0.0295 & 0.0140 & 0.5141 & 0.0290 & \cdots & 0.0360 & 0.0230 & 0.0271 \\ 0.0048 & 0.0027 & 0.0013 & 0.0032 & 0.1384 & \cdots & 0.0120 & 0.0066 & 0.0088 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0.0547 & 0.0384 & 0.0188 & 0.0212 & 0.0428 & \cdots & 0.0168 & 0.0414 & 0.0372 \end{bmatrix}.$$

(2) 受灾部门直接经济损失

综合新华网等各类新闻报导以及北京市农村工作委员会等多个政府部门公布的数据,2012 年 7 月北京暴雨致使农业、电力业、交通运输业、保险业、旅游业等行业部门遭受严重损失。考虑到相关单位统计损失的时间紧迫性,这里本文把各行业的损失数据看作最终产品损失,即各类动产、不动产成本的加和。而根据上文的分析,灾害损失应该定义在完全消耗层面,故文中用由式(7)所得的总产品变化方程来计算各部门总产品损失,并将所得数值视为受灾部门的直接经济损失。各受灾行业的损失数据如表 2 所示。

表 2 受灾部门最终产品损失及对应的总产品损失(亿元)

受灾行业	对应到投入产出表中行业	最终产品损失	总产品损失
农业	农林牧渔业	4.5	5.679 9
电力	电力、热力的生产和供应	0.802 2	6.330 9
交通运输	交通运输及仓储业	6.4	17.272 3
保险	金融业	9	10.738 6
旅游	文化、体育和娱乐业	10	10.962 5

(3) 完全分配系数矩阵

利用完全分配系数矩阵与直接分配系数矩阵之间的对应关系: $R = (I - A^T)^{-1} - I$,求得 42 部门的完全分配系数矩阵如下(保留小数点后 4 位):

0.217 5	0.134 9	0.049 7	0.027 9	0.004 8	...	0.000 0	0.007 2	0.054 7
0.008 4	1.242 2	0.060 4	0.029 5	0.002 7	...	0.000 0	0.011 2	0.038 4
0.002 5	0.016 9	0.354 8	0.014 0	0.001 3	...	0.000 0	0.003 3	0.018 8
...
0.016 1	0.034 0	0.038 3	0.027 1	0.008 8	...	0.000 2	0.049 1	0.037 2

2.2 多部门总产品产业关联损失测算

式(8)的推导源于式(2)的行模型,故式(8)既是从总产品的角度也是从投入产出表行向的角度(需求角度)去估算产业关联损失。已知各受灾部门的最终产品损失,则由式(8),可以求解其他国民经济部门的产业关联损失。

表 3 中已按照间接经济损失大小进行了排序。由各部门间接损失值可见,批发零售业受此次暴雨影响最为严重,受农业、电力等部门关联性间接灾害损失高达 5.001 8 亿元,租赁和商务服务业紧随其后,间接经济损失额高达 4.844 4 亿元,其次是石油

加工、炼焦及核燃料加工业、交通运输设备制造业、造纸印刷及文体教育用品制造业,总计有 13 个部门总产品产业关联损失超过 1 亿。

纵观全表发现,由于农业、电力、保险等行业遭受的最终产品损失,造成全社会总产品损失共计 88.127 5 亿元(包括 5 个受灾部门),而相较于第三产业,第二产业对此次灾害损失传导更为敏感,居于上表前列的多为制造业和加工业部门。另一方面,在第二产业中,重工业部门承受的损失要高于轻工业部门,可能在于重工业的投入成本远远高于轻工业生产制造。而邮政业、水生产和供应业及卫生、社会保障和社会福利业受农业等 5 个部门的影响较小,尤其是卫生、社会保障和社会福利业基本不为此暴雨所影响。

2.3 多部门增加值产业关联损失定量分析

式(9)给出了总供给变化与增加值变化基于完全分配系数的关系,由该式可得各部门增加值损失函数为: $\Delta Add = (R + I)^{-1} \cdot \Delta Q$ 。则由表 3 总产品关联损失数据及完全分配系数矩阵,结合 matlab 工具,可得各部门增加值损失如表 4 所示(已按高低排序)。

由表 4 可见,此次暴雨造成全社会增加值损失 31.347 5 亿元,受影响最为严重的几个部门依次是:交通运输及仓储业、文化体育和娱乐业、金融业、农林牧渔业、批发零售业、电力热力生产供应业、租赁和商务服务业,其损失额均超过了 2 亿元,尤以交通运输及仓储业最为惨重,损失额超过 10 亿元。

对比表 2、表 3 和表 4,无论从投入产出表横向还是纵向看,即无论是从总产出角度还是从增加值角度,交通运输仓储业、文化体育娱乐业、金融业、电力热力和生产供应业、农林牧渔业、批发零售业、租赁商务服务业、石油加工业、交通运输设备制造业和造纸印刷及文教体育用品制造业都是受此次暴雨影响较深的部门,横向、纵向损失额均在 1 亿以上。

不难注意到,表 4 的右栏中,研究与试验发展业、仪器仪表及文化办公用机械制造业等 20 个部门的增加值不降反升,尤其是综合技术服务业和通信设备、计算机及其他电子设备制造业的增加值有了很大增长。这种变化其实不难理解,从北京 2010 年投入产出延长表的第一象限(中间使用)来看,有的

表 3 部门总产品产业关联损失

产业部门	间接损失	产业部门	间接损失
批发和零售业	5.001 8	金属制品业	0.454 2
租赁和商务服务业	4.844 4	燃气生产和供应业	0.437 4
石油加工、炼焦及核燃料加工业	3.199 7	通用、专用设备制造业	0.431 6
交通运输设备制造业	2.636 2	非金属矿物制品业	0.318 4
造纸印刷及文教体育用品制造业	2.203 9	研究与试验发展业	0.315 9
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	1.918 0	水利、环境和公共设施管理业	0.231 2
化学工业	1.909 1	教育	0.197 0
石油和天然气开采业	1.567 6	居民服务和其他服务业	0.179 9
综合技术服务业	1.562 1	仪器仪表及文化办公用机械制造业	0.141 6
公共管理和社会组织	1.449 3	非金属矿及其他矿采选业	0.129 5
煤炭开采和洗选业	1.366 1	纺织业	0.088 7
住宿和餐饮业	1.309 6	废品废料	0.077 5
金属冶炼及压延加工业	1.108 7	木材加工及家具制造业	0.036 7
电气机械及器材制造业	0.800 6	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	0.020 8
金属矿采选业	0.705 5	工艺品及其他制造业	0.015 0
建筑业	0.703 0	邮政业	0.007 5
房地产业	0.695 0	水的生产和供应业	0.001 1
信息传输、计算机服务和软件业	0.567 8	卫生、社会保障和社会福利业	0.000 0
食品制造及烟草加工业	0.510 9		

表4 各部门增加值损失

部门	损失	部门	损失
交通运输及仓储业	13.752 5	居民服务和其他服务业	0.009 3
文化、体育和娱乐业	9.261 7	研究与试验发展业	-0.009 8
金融业	6.782 8	仪器仪表及文化办公用机械制造业	-0.026 7
农林牧渔业	4.102 3	通用、专用设备制造业	-0.049 3
批发和零售业	2.897 7	工艺品及其他制造业	-0.184 1
电力、热力的生产和供应	2.690 1	非金属矿及其他矿采选业	-0.236 7
租赁和商务服务业	2.523 3	金属制品业	-0.299 2
交通运输设备制造业	1.317 4	卫生、社会保障和社会福利业	-0.302 6
造纸印刷及文教体育用品制造业	1.237 5	信息传输、计算机服务和软件业	-0.308 5
石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.047 5	废品废料	-0.357 2
化学工业	0.754	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	-0.376 7
煤炭开采和洗选业	0.706	水的生产和供应业	-0.440 1
住宿和餐饮业	0.413 7	纺织业	-0.528 6
金属矿采选业	0.217 4	木材加工及家具制造业	-0.590 2
金属冶炼及压延加工业	0.174 8	建筑业	-0.676 4
电气机械及器材制造业	0.16 9	燃气生产和供应业	-0.865 9
公共管理和社会组织	0.135 9	邮政业	-0.946 3
非金属矿物制品业	0.123 4	教育	-1.231 4
水利、环境和公共设施管理业	0.099 3	石油和天然气开采业	-1.482 5
食品制造及烟草加工业	0.066 9	综合技术服务业	-3.196 5
房地产业	0.030 5	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	-5.056 8

部门间不存在中间分配,即彼此间影响甚微甚至不受影响;再考虑到暴雨过后,基础设施破坏、受灾人口增多、房屋毁损等多种情况的交织,使社会对相关制造业、服务业部门的需求增加,从而使之受益。这也在一定程度上验证了 Okuyama^[12], Schumpeter^[13]等学者的判断:灾害虽然在一定程度上破坏了现有的社会经济基础,但在恢复和重建过程中会促进区域经济增长。

2.4 部门灾损定级

本文拟把灾害损失设定为四个等级:很严重、较严重、一般和较轻,并采用系统聚类的方法了解 42 个部门受灾程度。系统聚类法的基本思想是^[14],首先将 n 个样品看成 n 个类,然后将性质最接近的两类合并成一个新类,得到 $n-1$ 类,合并后重新计算新类与其他类的距离或相近性测度,直到所有对象归为一类为止。由于文中把灾害程度分为四个等级,故只考虑系统聚成四类的结果。图 1 中给出了聚类后的部门行向损失和纵向损失矩阵,横轴和纵轴的数字分别代表各个部门,其顺序与北京市 2010 年投入产出延长表顺序一致(由于篇幅限制,图 1 中仅列出了受灾严重的部门)。

由图 1 可见,“27”一交通运输及仓储业,“41”一文化、体育和娱乐业,“32”一金融业,“1”一农林牧渔业以及“30”一批发和零售业都是受此次暴雨影响很深的部门,“23”一电力、热力的生产和供应业等其他 12 个部门紧随其后。此外,“33”一房地产业等 12 个行业的受灾程度一般,而“40”一卫生、社会保障和社会福利业等 13 个部门受此次暴雨的影响较轻。由以上影响矩阵,对于受灾严重的行业,相关部门应该予以更多关注,可以在资金、人力资源和政策上给予优先考虑。

3 结语

由以上推导及计算过程可见,投入产出法不仅对数据的要求不高,节省了大量的人力、物力

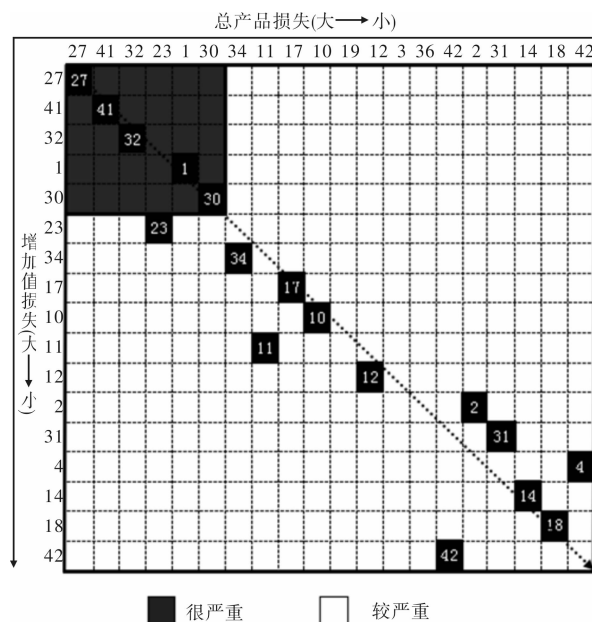


图1 各行业部门总产品与增加值损失影响矩阵

和财力,而且能够深刻反映国民经济各投入产出部门间因灾扰动产生的连锁反应和波及效应,清晰体现各行业所受损失,从而利于相关单位和部门根据不同行业的灾损情况确定灾后修复与重建的着重点,针对不同行业的特点制定各具特色的恢复策略。

本文尝试推广单部门损失传导投入产出模型,通过综合多个部门的直接经济损失值,并利用投入产出模型的产业关联性,来反映其他部门生产能力的变化。从产业关联型灾害间接经济损失评估结果来看,“7.21”特大暴雨给北京市带来了88.127 5亿元的总产出损失和31.347 5亿元的增加值损失,分别占直接经济损失的76%和27%,灾害损失程度可见一斑,间接经济损失不容忽视。综合各部门行向总产品损失与列向增加值损失来

看, 因农业、电力等 5 个严重受灾部门的影响, 批发零售业、租赁商务服务业、石油加工业、交通运输设备制造业和造纸印刷及文教体育用品制造业等行业受其损失传导程度较为严重, 而相对于第三产业, 第二产业更易受暴雨灾害产业关联影响, 相关行业部门应提前制定应急策略, 及时做好协调, 以有效应对暴雨灾害的冲击, 将损失降到最低。另一方面, 研究与试验发展业等 20 多个部门在面对暴雨灾害的冲击时, 部门增加值反而有了不同程度的提高, 综合各类新闻报导可以发现, 暴雨过后, 由于其他行业基础设施破坏和人员伤亡等原因, 使得全社会对此类部门的服务需求增加, 因而这种看似反常的变化也就不难理解。

从灾后严重的城市内涝、交通中断等情况来看, 相关部门在灾害预防方面仍存在诸多缺陷, 如城市排水管网多处按照两年一遇暴雨设计, 部分低于甚至低于一年, 仅有很少几处按照 10 年一遇设计, 在面对突如其来的暴风雨侵袭时, 自然无法承受。相关企业和部门需要充分认识到气象灾害的严重性, 在接收到灾害预警的消息时, 需要尽早做好预防工作, 及时疏散人群, 保护好生产原料和设备, 最大程度地减少人员伤亡和物质损失, 在灾害发生后, 除了增加实物资本的投入更要注重人力资本的充分利用; 居民应及时给自己补充灾害保护常识, 在接收到预警信息后, 尽量减少出行, 提前做好灾前的准备工作, 如储备生活材料, 检查住宅的防水排水设施是否完善; 政府部门一方面要更大力度地普及气象灾害防灾减灾知识, 及时进行灾害预报, 另一方面需要做好城市排水管线、电网等的改造、检查工作, 确保城市基础设施的正常与安全。只有各个部门各司其职, 制定完善的应急联动政策和措施, 有效

界定各个联动主体的责任和义务, 才能最大限度地防御灾害, 做到真正的防灾减灾。

参考文献:

- [1] 吴吉东, 李宁, 温玉婷, 等. 自然灾害的影响及间接经济损失评估方法[J]. 地理科学进展, 2009, 28(6): 877-885.
- [2] 都吉夔, 张勤, 宋立军, 等. 四川汶川 8.0 级地震间接经济损失评估方法[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 130-133.
- [3] 张显东, 沈荣芳. 灾害与经济增长关系的定量分析[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(4): 23-26, 40.
- [4] Narayan P. K. Macroeconomic impact of natural disasters on a small island economy: Evidence from a CGE model [J]. Applied Economic Letters. 2003, 1(10): 721-723.
- [5] 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): 425-431.
- [6] Yasuhide Okuyama. Measuring economic impacts of natural disasters: Application of sequential interindustry model [D]. Regional Research Institute West Virginia University, 2012.
- [7] 徐嵩龄. 灾害经济损失概念及产业关联型间接经济损失计量[J]. 自然灾害学报, 1998, 7(4): 7-15.
- [8] 黄渝祥, 杨宗跃, 邵颖红. 灾害间接经济损失的计量[J]. 灾害学, 1994, 9(3): 7-11.
- [9] 路琮, 魏一鸣, 范英, 等. 灾害对国民经济影响的定量分析模型及其应用[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 15-20.
- [10] 高敏雪, 李静萍, 许健. 国民经济核算原理与中国实践[M]. 2 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2010: 85-92.
- [11] 向蓉美. 投入产出法[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2007.
- [12] Okuyama Y. Economics of natural disasters: A critical review[J]. Research Paper, 2003, 12: 20-22.
- [13] Schumpeter JA. The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle[M]. Transaction Books, 1961.
- [14] 吴诚鸥, 秦伟良. 近代实用多元统计分析[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 232-238.

The Rainstorm Indirect Economic Loss Assessment of Multi Departments Based on IO Model

——A Case Study on the Rainstorm on July, 21st in Beijing

Wang Guizhi¹, Li Xia¹, Chen Jibo¹ and Wu Xianhua²

(1. School of Mathematics and Statistics, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: The development of social economy makes the connections among various departments of the national economy become more and more diversified. Once a disaster happens, it will not only affect one certain department but the related sectors and even the whole economy system, through the correlation effect among various departments. The single department loss conduction input-output model is tried to be improved, deducing other departments' relevant losses by introducing multi affected sectors' direct economic losses, and an empirical analysis is further done by using the rainstorm on July, 21st in Beijing as an example. The results show that, the heavy rain made a total of 8.8 billion production losses and 3.1 billion added value losses, and the second industry such as the high-cost processing and manufacturing industry is more vulnerable than the third industry when facing a rainstorm. However, part departments' added value didn't fall but increased after the torrential rain, which, to some extent, verified the judgments by Okuyama, Schumpeter, etc, that is, disasters may do damage to the present social and economic infrastructure, but it will promote regional economic growth in the long-run process of restoration and reconstruction.

Key words: industry; the associated loss; Beijing; rainstorm on July, 21st; input-output; indirect economic loss