

全要素生产率、产业网络与经济发展^{*}

赵晓军 王开元

(北京大学经济学院 北京 100081)

摘 要: 本文使用产业网络模型,考察了部门全要素生产率结合产业网络对宏观经济发展的影响。理论分析表明,部门全要素生产率结合需求重要性效应、自投入网络效应和部门间网络效应,总称为放大效应,来影响宏观经济发展,而产业结构调整会影响上述效应。本文进一步使用 WIOD 数据测算了中国 2000—2014 年不同部门全要素生产率的增长率结合放大效应对经济发展的真实影响,结果表明放大效应前后部门全要素生产率的提升对经济发展的影响截然不同。此外,对部门放大效应与产业结构之间关系的实证检验表明产业结构的调整会引起放大系数的正向变化,并且在工业部门该机制最突出。本文从产业网络视角对全要素生产率的重要性提供了理论支撑。

关键词: 网络模型 全要素生产率 放大效应 产业结构

中图分类号: F015 **JEL 分类号:** C67 D24 L16

一、引 言

自改革开放以来,随着经济迅速发展,中国已成为世界第二大经济体,其中全要素生产率提升的贡献不可被忽视。目前中国经济发展步入新常态,过去以资本和劳动等生产要素增长带动经济发展的模式将逐渐被通过创新驱动的高质量发展模式所替代,这意味着未来在经济发展的主要驱动力中,全要素生产率的重要性将会更大。本文基于 Jones (2011)、Acemoglu 等 (2012) 提出的产业网络模型,考察部门全要素生产率结合产业网络对经济发展的影响,对网络的放大效应的具体机制、测算和检验进行拓展,以期对全要素生产率促进经济发展这一问题进行理论探讨。

已有关于中国全要素生产率的研究主要探讨的是如何测算,这些研究可以被分为宏观视角和微观视角。宏观视角的研究主要基于中国宏观经济数据,对宏观层面的全要素生产率进行测算并开展后续分析,如郭庆旺和贾俊雪 (2005) 对改革开放至 2004 年中国全要素生产率进行了测算,并对其增速缓慢的原因进行了分析。除国家层面外,也有基于地区层面的宏观数据的研究,例如,颜鹏飞和王兵 (2004) 基于 DEA 方法对中国地区层面的全要素增长率进行了测算。近年来,微观视角研究的数据愈发完善,例如,涂正革和肖耿 (2005) 使用随机前沿生产模型方法对中国大中型企业的全要素生产率进行了测算;鲁晓东和连玉君 (2012) 使用 OP 法和 LP 法对中国工业企业全要素生产率进行了测算,发现不同行业的生产率增长差异明显;杨汝岱 (2015) 在测算基础上讨论了资源配置和国有企业改革对中国经济发展的影响。对于全要素生产率的测算,以上研究成果

^{*} 本文为教育部社会科学重大课题“建设现代化经济体系的路径与策略研究”(项目编号:18JZD029)的阶段成果。作者感谢匿名审稿人提出的宝贵意见,文责自负。

斐然。与这些重点关注如何更加合理、准确地测算全要素生产率的研究相比，本文将视角转至从理论上对全要素生产率与经济发展的关系进行探讨，对既有研究进行补充。

既有研究指出，理论分析全要素生产率与宏观经济发展的关系需要从中观视角考察不同产业部门生产率进步的影响。例如，Restuccia 等（2008）利用两部门一般均衡模型对农业和总体生产率的关系进行考察，认为农业部门的高就业率和低生产率是欠发达国家总生产率低进而阻碍经济发展的主要原因；Herrendorf 和 Valentinyi（2012）在探讨一国生产率为何较低时，指出某些产业的低生产率会使得总生产率较低从而不利于经济发展。不过，这些研究对产业之间关系的刻画不够细致，侧重于理论解释而非准确衡量特定产业的全要素生产率变化对宏观经济发展的贡献，因而需要详细考察多产业部门的情形。

对多产业部门进行探讨一般需要引入投入产出结构，例如，吕一清和邓翔（2018）使用一个产业结构内生化的 DSGE 模型，考察产业结构升级与宏观经济波动；张开和龚六堂（2018）则基于包含投入产出结构的 DSGE 模型研究财政支出乘数。近年来，许多研究将投入产出结构深化为网络结构，进而借助网络理论进行分析，扩展了投入产出结构的内涵。有关的开创性工作来自 Jones（2011）和 Acemoglu 等（2012），其中 Jones（2011）提出构建产业网络的基本框架，而 Acemoglu 等（2012）对产业网络与经济波动的关系进行理论研究，之后 Acemoglu 等（2016）还通过实证发现网络效应的确存在，表明网络结构不可被忽略。此后中国学者也有关于产业网络的研究，例如，齐鹰飞和 Li Yuanfei（2020）、张兴龙（2019）的研究，前者探讨产业结构的调整优化，后者则关注资源错配。不过，目前基于产业网络框架考察中国全要素生产率的研究还比较少见。

此外，在中国经济发展过程中，产业结构一直在不断调整优化，这会改变不同产业在经济中的占比和产业之间的关联关系，因而产业结构调整优化对于部门全要素生产率与经济发展的关系具有重要影响。已有学者指出了此问题，如干春晖和郑若谷（2009）实证研究改革开放以来的产业结构演进与生产率的增长，从要素流动的角度指出结构调整对宏观生产率增长具有促进作用，进而会影响经济发展水平；刘伟和张辉（2008）同样认为产业结构调整对中国经济增长有重要贡献，全要素生产率可以被分解为技术进步和结构变迁的贡献，其中结构变迁的贡献不可或缺。

基于以上背景，本文考察部门全要素生产率结合产业网络对经济发展的影响，指出产业网络具有放大效应，并对放大效应进行具体分析。首先，本文构建引入产业网络的一般均衡模型，通过理论分析表明产业网络具有放大效应，产业结构调整会对放大效应产生影响；其次，借助 WIOD 数据库，对中国各产业全要素生产率进行测算，并考察结合放大效应后不同部门生产率提高对宏观经济发展的影响；最后，实证检验产业结构与放大效应的关系，发现产业结构调整会带来部门放大效应的正向变化，工业部门的此机制最明显。

与既有研究相比，本文边际贡献可能在于以下三个方面：首先，相较过往有关于全要素生产率问题的研究，本文视角从如何准确测算全要素生产率转移至部门全要素生产率对宏观经济发展的影响机制的研究，在理论上对中国全要素生产率问题的研究做出了补充；其次，与有关于产业网络的研究相比，本文不但指出了产业网络影响性的存在，还对产业网络具体发挥作用的机制即放大系数进行了机制分析和测算，这对产业网络的相关研究进行了拓展，并且对不同部门的放大系数进行具体测算具有现实的政策意义；

最后，本文从理论上考察了产业结构调整对于部门全要素生产率与经济发展的影响机理，并且实证检验了这一机理，这对于有关产业结构调整与生产率的研究是一定的补充。

本文的后续结构安排如下：第二部分介绍本文的基准模型，第三部分在理论上探讨产业网络放大效应的具体机制以及产业结构调整对放大效应的影响，第四部分结合数据进行测算和实证检验，最后一部分是本文的主要结论与政策建议。

二、基准模型

本文基准模型参照 Jones（2011）和 Acemoglu 等（2012）。与既有模型相比，本文引入资本并考察开放状态，可以更好地与全要素生产率的测算相匹配。

（一）模型构建

假设经济中有两类行为主体，家庭和企业，其中企业可分为 N 个中间品生产部门和一个最终品生产部门。代表性家庭通过向企业提供劳动力和资本获得工资和租金，并将其用于消费，企业通过劳动力、资本和中间投入品进行生产。

1. 技术

中间品部门企业和最终品部门企业均采用柯布-道格拉斯（C-D）生产函数，使用资本、劳动，以及来自国内与国外的中间品进行生产。

部门 i 的中间投入品生产函数：

$$Q_i = A_i (K_i^{\alpha_i} H_i^{1-\alpha_i} d_{i1}^{\sigma_{i1}} \dots d_{ij}^{\sigma_{ij}} \dots d_{iN}^{\sigma_{iN}} m_{i1}^{\lambda_{i1}} \dots m_{ij}^{\lambda_{ij}} \dots m_{iN}^{\lambda_{iN}}) \quad (1)$$

其中 A_i 为部门 i 的外生生产率水平， K_i 为部门 i 的资本投入， H_i 为劳动力投入， d_{ij} 为部门 i 需要的来自部门 j 的中间投入品， m_{ij} 为部门 i 需要的来自进口的国外部门 j 的中间投入品。对于参数，有 $0 < \alpha_i < 1$, $\sum_{j=1}^N \sigma_{ij} = \sigma_i$, $\sum_{j=1}^N \lambda_{ij} = \lambda_i$, $0 < \sigma_i < 1$, $0 < \lambda_i < 1$ 。

经济体最终品生产函数：

$$Y = c_1^{\beta_1} \dots c_i^{\beta_i} \dots c_N^{\beta_N} \quad (2)$$

其中 c_i 为最终品生产时需要的来自部门 i 的产品，参数满足 $\sum_{i=1}^N \beta_i = 1$ 。

2. 消费者问题

代表性消费者最大化效用，效用由消费 C 获得，受到工资所得和资本利得的约束：

$$\max_{\{C, H\}} u(C, H) \quad (3)$$

$$\text{s. t. } C = wH + rK \quad (4)$$

其中， w 为工资率水平， r 为租金率水平。

3. 中间品厂商问题

中间投入品部门 i 生产商根据其生产函数选择国内部门 j 中间品、国外部门 j 中间品、资本与劳动进行生产并最大化利润：

$$\max_{\{d_{ij}, m_{ij}, K_i, H_i\}} p_i Q_i - \sum_{j=1}^N p_j d_{ij} - \sum_{j=1}^N \bar{p}_j m_{ij} - rK_i - wH_i \quad (5)$$

其中 p_i 为部门 i 中间品价格， \bar{p}_j 为进口的部门 j 中间品价格。

4. 最终品厂商问题

给定最终品价格为 1，最终品厂商使用中间品进行生产并最大化利润：

$$\max_{\{c_i\}} Y - \sum_{i=1}^N p_i c_i \quad (6)$$

5. 竞争均衡

定义竞争均衡为：给定外生生产率水平 $\{A_i\}_{i=1}^N$ ，外生的进口价格 $\{\bar{p}_j\}_{j=1}^N$ ，外生供给的劳动力水平 H 和资本水平 K ，模型的竞争均衡为产品价格 $\{p_i\}_{i=1}^N$ 、工资率水平 w 、资金率水平 r ，配置 $\{C, Y, X, \{Q_i, K_i, H_i, c_i, \{d_{ij}\}_{j=1}^N, \{m_{ij}\}_{j=1}^N\}_{i=1}^N\}$ 。这些变量满足：代表性消费者在其效用函数和约束下进行选择，即式 (3) 与式 (4)；中间品厂商在其利润最大化问题下进行选择，即式 (5)；最终品厂商在其利润最大化问题下进行选择，即式 (6)；市场出清即资本与劳动力市场出清、国内中间品市场出清：

$$\sum_{i=1}^N K_i = K \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N H_i = H \quad (8)$$

$$c_j + \sum_{i=1}^N d_{ij} = Q_j \quad (9)$$

国际贸易平衡：

$$X = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \bar{p}_j m_{ij} \quad (10)$$

最终品用于消费和出口：

$$Y = C + X \quad (11)$$

需要注意在式 (10) 中， X 代表出口。在贸易平衡假设下，进口量 $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \bar{p}_j m_{ij}$ 必然与出口量 X 相等，因此净出口为 0，国内消费量 C 即等于 GDP。

此外给出几个模型计算中需要用到的参数向量和矩阵： $\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{bmatrix}$ ， $\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix}$ ， $B =$

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} & \cdots & \sigma_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \cdots & \sigma_{NN} \end{bmatrix}。其中，B 为消耗系数矩阵，即本文所指产业网络结构。$$

(二) 模型求解

第一，对于总产出决定式，通过对模型进行求解可以得到^①：

$$\begin{aligned} \log Y = & \frac{\beta' (I - B)^{-1}}{1 - \beta' (I - B)^{-1} \lambda} \begin{bmatrix} \log A_1 \\ \vdots \\ \log A_N \end{bmatrix} + \frac{\beta' (I - B)^{-1}}{1 - \beta' (I - B)^{-1} \lambda} \begin{bmatrix} (1 - \sigma_{11} - \lambda_1) \alpha_1 \\ \vdots \\ (1 - \sigma_{NN} - \lambda_N) \alpha_N \end{bmatrix} \log K \\ & + \frac{\beta' (I - B)^{-1}}{1 - \beta' (I - B)^{-1} \lambda} \begin{bmatrix} (1 - \sigma_{11} - \lambda_1) (1 - \alpha_1) \\ \vdots \\ (1 - \sigma_{NN} - \lambda_N) (1 - \alpha_N) \end{bmatrix} \log H + \varepsilon \end{aligned} \quad (12)$$

其中， ε 由模型中参数决定，在后文中对分析没有影响，因此不对其进行详细表达。

① 因篇幅所限，本文省略了模型求解过程，感兴趣的读者可在《经济科学》官网论文页面“附录与扩展”栏目下载。

根据式 (11)，由于 $GDP = C = Y - X$ ，可得：

$$C = Y(1 - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_i \lambda_{ij}) \quad (13)$$

可见在贸易均衡的假设条件下，得到 Y 就可以得到 C 即 GDP 。而在贸易均衡假设条件不满足时，最终品中有一定比例用于出口，此时 C 依旧是占 Y 的一个确定比例，只是与贸易均衡时相比，比例关系发生变化而已。因此在确定的比例系数下，对最终品 Y 的考察就相当于对 GDP 的考察，因此后文中只需要对 Y 进行分析即可。

第二，求解产业结构的决定式，得到代表性的部门 i 的增加值占比即产业结构：

$$VAR_i = \frac{(1 - \sigma_i - \lambda_i) \gamma_i}{\sum_{j=1}^N (1 - \sigma_j - \lambda_j) \gamma_j} \quad (14)$$

其中， $\gamma = (I - B')^{-1} \beta$ 。

三、产业网络的放大效应：机制分析与影响因素

本文在这一部分重点考察两个内容：一是部门全要素生产率受产业网络效应影响的主要机制；二是产业结构和网络效应的关系。

根据基准模型中得到的最终品 Y 的决定式 (12)，当考察部门 i 的全要素生产率的边际提升对于宏观经济发展的影响时，只需要在式 (12) 两端对 $\log A_i$ 求导，因此可以发现部门全要素生产率对于宏观经济的影响取决于向量 $\frac{\beta'(I - B)^{-1}}{1 - \beta'(I - B)^{-1} \lambda}$ 中的元素。

部门全要素生产率在结合这一向量中的对应元素后对宏观经济发展产生影响，从该向量的形式可以看出，产业网络的影响取决于 $(I - B)^{-1}$ 。在没有产业网络时，各部门的全要素生产率对宏观经济发展的影响主要由 β' 和 λ 决定，引入产业网络后 β' 和 λ 向量与 $(I - B)^{-1}$ 相乘会得到与原来相比每一项元素都更大的向量。这使得总体来看，与没有产业网络时相比引入产业网络放大了部门全要素生产率的变化对宏观经济发展的影响。本文将产业网络的这种影响称为放大效应，称 $\frac{\beta'(I - B)^{-1}}{1 - \beta'(I - B)^{-1} \lambda}$ 中的每一项元素为对应行业的放大系数。

(一) 产业网络的放大效应机制分析

已有文献如 Acemoglu 等 (2012) 肯定了产业网络的放大效应，他们认为产业网络 B 通过 $(I - B)^{-1}$ 形式发挥作用，与本文的模型结果一致，但对于产业网络放大效应的作用机制没有进行分析。现实中产业网络 B 的形态十分复杂，很难直接得到其影响机制，本文借助网络理论考察产业网络如何发挥放大作用。

按照产业网络理论，可以将网络结构分为几种特定类型并分别考察它们的性质，进而得到全部性质。本文考虑设定三种特定结构探讨产业网络如何产生放大效应：第一种网络为部门之间和部门自身都没有关联的孤立网络，这代表无网络结构也即无网络效应的情形；第二种网络为部门之间没有关联、部门自身有关联的网络，本文称其为自投入网络结构；第三种为部门自身没有关联、部门之间有关联的网络，本文称其为部门间投入结构。后两种网络刻画了网络效应可能产生的两种渠道。对于每一种结构， $\frac{\partial \log Y}{\partial \log A_i}$ 代表

部门全要素生产率的边际变动对宏观经济发展的影响程度。

1. 无网络结构

首先，本文考察产业之间和自身均不存在投入产出关系的情形。此时 B 矩阵是一个零矩阵，生产要素只有资本和劳动。对于此时的总产出决定式，两端对 $\log A_i$ 求导有：

$$\frac{\partial \log Y}{\partial \log A_i} = \frac{\beta_i}{1 - \sum_{i=1}^N \beta_i \lambda_i}$$

这意味着部门生产效率的提升对总产出的影响取决于该部门在最终需求上的重要程度以及一个进口比例的影响。假定没有进出口，则该式退化为 β_i 。在多部门时， β_i 往往远小于 1，因而此时个别部门的全要素生产率提升对于经济发展的影响很小。在引入进出口时， $\sum_{i=1}^N \beta_i \lambda_i$ 对于所有部门是相同的，上式的分母对于不同部门均是相同的，部门全要素生产率的提升对于经济发展的贡献主要由 β_i 决定。因此无论是否处于开放状态，需求占比越大的部门的全要素生产率的提升对宏观经济发展带来的影响越大。

此时没有来自产业网络的放大效应，本文将这种由需求重要性决定的影响称为需求重要性效应。需求重要性效应是考察放大效应的基准效应，如果产业网络的存在使得

$\frac{\partial \log Y}{\partial \log A_i}$ 显著超过 $\frac{\beta_i}{1 - \sum_{i=1}^N \beta_i \lambda_i}$ ，则说明网络结构带来的放大效应是突出的。

2. 自投入网络结构

在自投入网络结构下，各部门只接受本部门的产品作为中间投入品，因此 B 为一个

对角矩阵，即 $B = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma_{NN} \end{bmatrix}$ 。对于此时的总产出决定式，两端对 $\log A_i$ 求导有：

$$\frac{\partial \log Y}{\partial \log A_i} = \frac{\beta_i \frac{1}{1 - \sigma_{ii}}}{1 - \sum_{i=1}^N \beta_i \frac{1}{1 - \sigma_{ii}} \lambda_i}$$

此时部门生产率边际提高对整体产出的贡献既取决于需求重要性，也取决于其在学习过程中自身投入的占比及进口比例，进口比例的影响方式则与无网络结构时相同。自身投入占比越高， $\frac{1}{1 - \sigma_{ii}}$ 越大，影响也越大。从网络视角看，这是由于生产过程中有自身进行循环生产，自身投入占比越高，生产率提升就会带来越大的良性效应。与无网络结构时相比，自身投入占比表现出一个放大机制。由于生产差异， σ_{ii} 在各部门间往往异质，因此 $\beta_i \frac{1}{1 - \sigma_{ii}}$ 与 β_i 的关系对于不同部门可能是不同的。令各部门的 β_i 相同，结合上式就可以分离出自投入的网络效应。本文将上述放大渠道称为自投入网络效应。

3. 部门间投入结构

最后考察部门间投入结构，本文为简化分析考虑简单环形网络的情况。此时没有产业自身的中间品投入，并且一个产业只接受另一个产业的产品作为中间投入品。之所以设定这种情况，是因为这是最简单的完全图并且其结论可以推广至更多部门。

假定三个部门分别为部门 1、部门 2 及部门 3，其中部门 1 的中间投入品来自部门 2，部门 2 的中间投入品来自部门 3，部门 3 的中间投入品来自部门 1。对应的产业网络 B 的

形式为 $\begin{bmatrix} 0 & \sigma_{12} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & 0 & 0 \end{bmatrix}$ 。此时总产出决定式两端对 $\log A_i$ 求导不能直接写出表达式，因此

先求解 $\beta'(I-B)^{-1}$ 得到：

$$\beta'(I-B)^{-1} = \begin{bmatrix} \beta_1 \frac{1}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} + \beta_2 \frac{\sigma_{31}}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} + \beta_3 \frac{\sigma_{31}\sigma_{23}}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} \\ \beta_1 \frac{\sigma_{12}}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} + \beta_2 \frac{1}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} + \beta_3 \frac{\sigma_{31}\sigma_{12}}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} \\ \beta_1 \frac{\sigma_{23}\sigma_{12}}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} + \beta_2 \frac{\sigma_{12}}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} + \beta_3 \frac{1}{1 - \sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}} \end{bmatrix}^T$$

将上式作为分子，再将 $1 - \beta'(I-B)^{-1}\lambda$ 作为分母得到 $\log Y$ 对 $\log A_i$ 求导得到的系数向量，即部门生产率的提高对总产出的影响。再假定各部门的需求重要性相同，则决定部门生产效率对总产出的放大效应完全来自产业网络结构。从上式来看，分母是矩阵 $(I-B)^{-1}$ 对应行列式的解，这个解与 $\sigma_{12}\sigma_{23}\sigma_{31}$ 的取值有关，可见网络结构中一旦产业之间具有相互的投入产出关系，那么其影响就会作用于所有产业。而从分子来看，部门 1 的放大效应取决于对部门 3 的投入，以及间接的部门 3 对部门 2 的投入，对部门 2、部门 3 也同理，这说明部门间投入结构的存在使得部门之间既存在直接影响，也存在间接影响，而间接影响被称为网络外部性。本文将这种情形下的网络效应称为部门间网络效应。

从以上三种类型的网络的影响可以发现，产业结构的放大效应由需求重要性效应、自投入网络效应和部门间网络效应组成。需求重要性效应是不受网络结构影响的基准效应，不具有放大作用，而部门自我投入结构和部门间投入结构是放大效应的来源。部门自我投入不具备网络的外部性，只会对本部门的放大效应产生影响。而部门间投入结构则具有网络的外部性，网络结构的存在会对放大系数产生复杂的影响。现实的产业网络是上述三种情形的组合，因而理论上即使全要素生产率的提升来自于规模较小的产业，也可能对宏观经济发展产生比较明显的影响。

（二）产业结构调整对放大效应的影响

理论上产业结构调整会引起各产业的规模和产业之间的关系发生变化，这可能会影响产业网络的放大效应。从基准模型中得到的产业结构的决定式（14）可以看出，产业结构取决于 σ 、 λ 与 $\beta'(I-B)^{-1}$ 。对比放大系数的决定式 $\frac{\beta'(I-B)^{-1}}{1 - \beta'(I-B)^{-1}\lambda}$ ，容易发现放

大系数与产业结构受到的影响因素一致，都是由需求重要性、中间品进口占比和消耗系数矩阵即产业网络所决定。因此，产业结构的调整意味着决定产业结构的参数发生变化，这自然会带来放大系数的变化，因而产业结构调整的确会对放大效应产生影响。而放大效应的改变会影响部门全要素生产率与宏观全要素生产率之间的关系，产业结构的调整因此会通过改变放大系数来改变宏观全要素生产率。因此本文的理论可以从产业层面视角对产业结构调整对宏观生产率的影响进行解释，这同时可以作为干春晖和郑若谷（2009）、刘伟和张辉（2008）等研究中所指出的产业结构调整对生产率影响的一个理论解释。

不过，由于产业结构的调整所涉及的变量比较多，形式比较复杂，确定每一个变量对放大系数的影响并不容易。而本文所关注的实际是产业结构调整本身对放大系数的影响，因此在后文中结合现实数据设定计量模型，对产业结构与放大系数的关系进行检验以考察产业结构调整对于放大系数的具体影响。

四、测算及实证检验

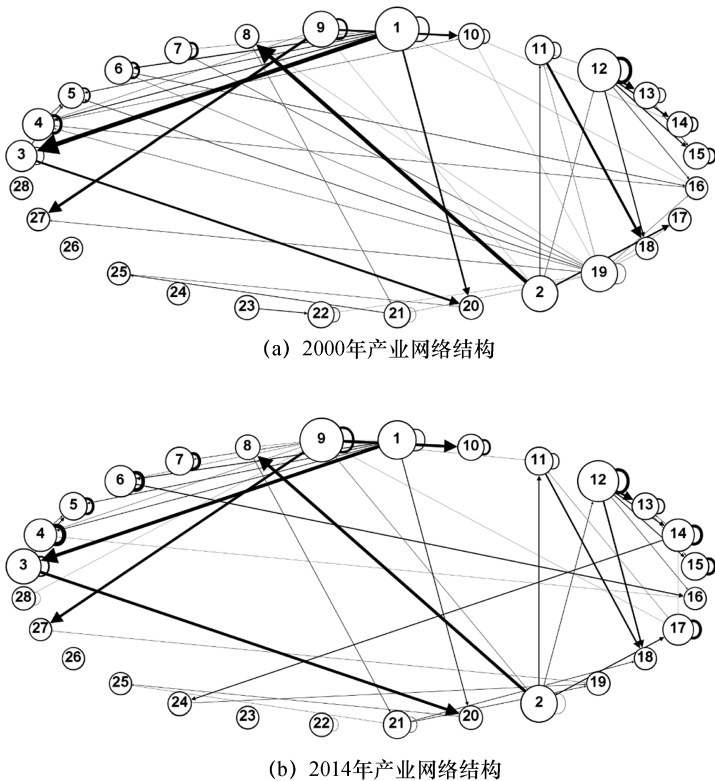
本文在这一部分按照理论分析进行测算与实证检验，主要包括两个方面，一是测算各部门全要素生产率的提升结合放大系数对宏观经济的影响；二是实证考察各部门产业结构的调整与放大系数的改变之间的关系。

（一）数据整理

本文使用的数据来自 World Input-Output Database (WIOD) 中的中国投入产出表和对应的社会核算矩阵 SEA 账户，数据的时间范围是 2000 年至 2014 年。本文首先在 WIOD 数据基础上对行业进行合理归并，参考一般文献的部门分类核定为 28 个行业，其中，1 个第一产业，17 个第二产业，10 个第三产业部门。^①

产业网络取决于 B 消耗系数矩阵，本文将历年的消耗系数矩阵绘制成网络，发现各个年度的网络形态有所差异，因而直观上这会使得部门的放大系数在不同年份有所差异。2000 年和 2014 年的产业网络结构如图 1 所示。

图 1 2000 年和 2014 年产业网络结构



^① 具体的产业部门分类请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

本文所构建的是有向加权网络，其中方向代表被指向的节点需要来自指向节点的中间品，权重则代表指向节点供给的中间品在被指向节点所需总投入的比例，即消耗系数。节点大小代表了该节点与其他节点的关联性的数量，关联线越粗则说明对应的消耗系数越大，从节点的关联线数目和粗细、方向可以发现部门在网络中存在明显的异质性。此外，可以发现一些产业例如产业 19 零售业与其他产业的关联程度随时间显著下降，而一些产业如产业 9 化学工业与其他产业的关联程度则明显上升。产业网络变化的原因是，随着经济发展，主导经济的产业发生变化，产业的生产模式也会发生变化，产业在生产上的最优化选择和生产技术的更新使得产业之间的关联关系相应改变，这是经济发展的一种客观表现。

（二）参数校准

根据理论各部门放大系数的测算需要用到需求重要性、消耗系数和进口消耗系数，这些数据可以通过 WIOD 投入产出表校准得到。^① 参数校准的结果表明，各个产业的需求重要性、消耗系数和进口消耗系数明显不同，第一产业和第三产业往往需求重要性更高，原因是它们的产品往往是最终品直接被消费，在最终需求中比重更大；第二产业的产品更多在生产过程中被使用，因此消耗系数相应更高；进口消耗系数上的不同则与我国在相应产品上的生产能力和国际价格水平相关。

（三）部门全要素生产率测算

在考察放大系数的作用时还应结合各部门的全要素生产率，因此本文对各产业部门的全要素生产率进行测算。由于产业层面的数据比较少，本文在测算时先不对 WIOD 中的部门进行归并，保证更多的数据量使得测算可以更加准确，然后在得到估算结果后对部门进行归并。根据理论，在规模报酬不变和零利润情况下，增加值完全来源于全要素生产率、资本与劳动投入，因此本文参照文献如张军和施少华（2003）、郭庆旺和贾俊雪（2005），采用索洛残差法对资本和劳动产出弹性进行估计，进而估算全要素生产率。当然，数据进行了相应的汇率调整和通胀调整。

按照索洛法的估计方式和假设，本文对行业的增加值取人均形式，资本也相应取人均形式，估计得到的人均资本对数的系数值即资本产出弹性 α ，按照索洛法的假设，劳动力的产出弹性为 $1 - \alpha$ 。本文采用的估计方程为： $\log y_{it} = \alpha_0 + \alpha \log k_{it} + \varepsilon_{it}$ 。其中， $\log y_{it}$ 为各行业人均增加值对数， $\log k_{it}$ 为各行业人均资本存量对数值。估计结果表明，资本产出弹性为 0.611，劳动力的产出弹性对应为 0.389。

根据估算的生产函数参数，本文采用索洛残差法计算出各行业全要素生产率的年平均增长率。按照 Jones（2011），此时得到的全要素生产率受到一个投入产出结构的影响，因而需要进行调整来剔除其中放大的部分。^② 调整后的各行业全要素生产率增长率如表 1 所示。

① 参数校准结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

② 同上。

表1 各行业全要素生产率增长率

行 业	全要素生产率增长率	行 业	全要素生产率增长率
1	0.0082	15	0.0222
2	0.0349	16	0.0497
3	0.0234	17	0.0231
4	0.0177	18	0.0153
5	0.0086	19	0.018
6	0.0115	20	0.0011
7	0.0155	21	0.0238
8	0.0193	22	0.0118
9	0.0252	23	0.0212
10	0.0148	24	0.0078
11	0.0219	25	0.0004
12	0.0257	26	0.0305
13	0.0235	27	0.0276
14	0.0129	28	0.0232

平均来看，各产业的全要素生产率在 2000—2014 年间的增速为 0.0193，其中，产业 25 公共事业管理业的全要素生产率平均增速最慢只有 0.0004，而增速最快的 16 产业制造及回收业达到了 0.0497，部门之间的全要素生产率增长差异非常大。按产业来看，第一产业的全要素生产率平均增速为 0.0084，第二产业为 0.0218，第三产业为 0.0166，可见制造业的全要素生产率增长率最大，这与数据期间我国第二产业快速发展、第三产业逐渐开始高速发展的事实相符。

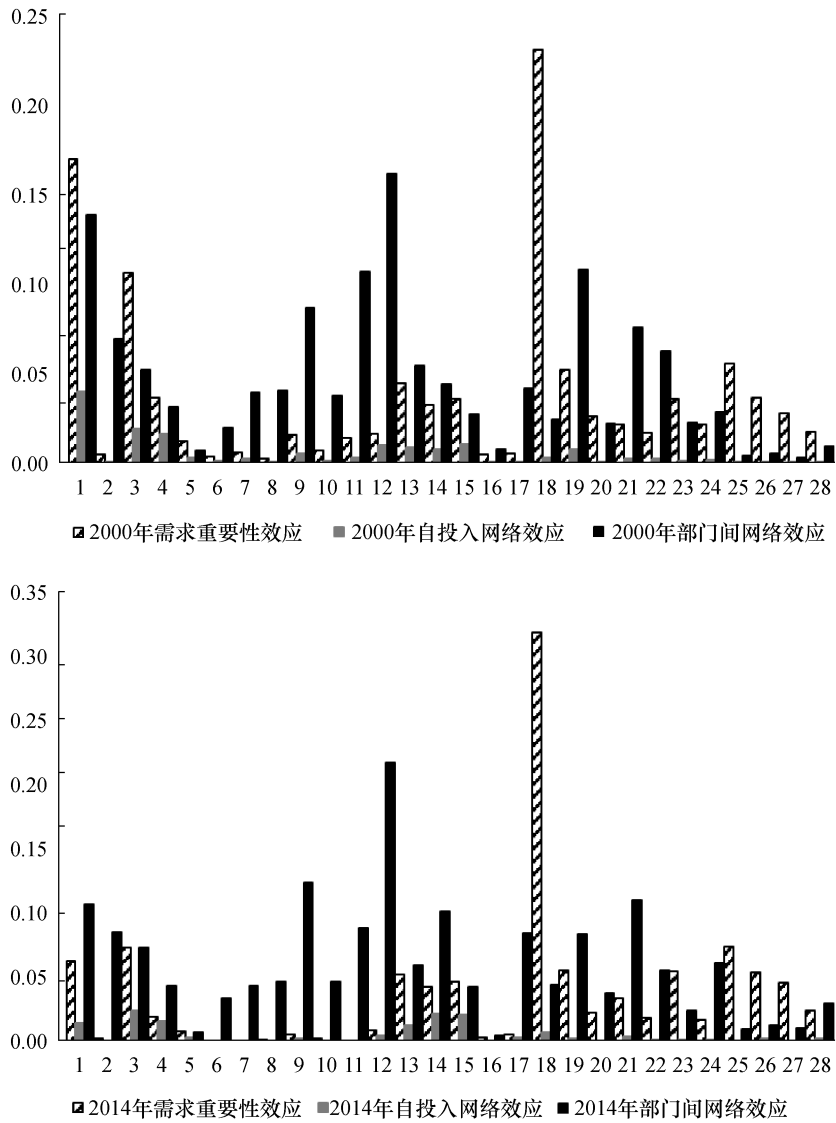
（四）放大效应对部门全要素生产率与经济发展的影响

放大效应由需求重要性效应、自投入网络效应和部门间网络效应组成，其中后两种效应是由网络结构决定的。因此，测算需求重要性效应、自投入网络效应和部门间网络效应就可以得知网络结构放大作用的具体程度。根据理论中三种情况的设定和已经得到的相关参数，本文首先测度每个行业的需求重要性效应、自投入网络效应和部门间网络效应。测算结果表明不同年份下网络结构的放大作用在许多产业上十分明显，2000 年和 2014 年的结果展示如图 2 所示。

其中，横坐标代表的是行业，纵坐标代表的是系数大小。可以发现，2000 年与 2014 年不同部门放大系数的三种效应发生了明显改变，但共同点是对于许多产业，需求重要性效应不大，自投入网络效应则普遍非常小，而很多产业的部门间网络效应则非常大，甚至远超需求重要性效应，可见网络结构中的部门间网络效应影响比较突出。具体来看，对于所有部门，2000 年需求重要性效应的平均值为 0.0374，自投入效应的平均值为 0.0051，而来自部门间放大效应的平均值为 0.047，其影响超过了需求重要性效应，这说明平均来看，产业网络放大了部门全要素生产率对于经济发展的影响一倍以上。2014 年需求重要性效应的平均值为 0.0374，自投入效应的平均值为

0.00526，影响仍然不大，但部门间网络效应的平均影响则达到了 0.0656，明显超过需求重要性效应。

图 2 2000 年和 2014 年三种效应对比



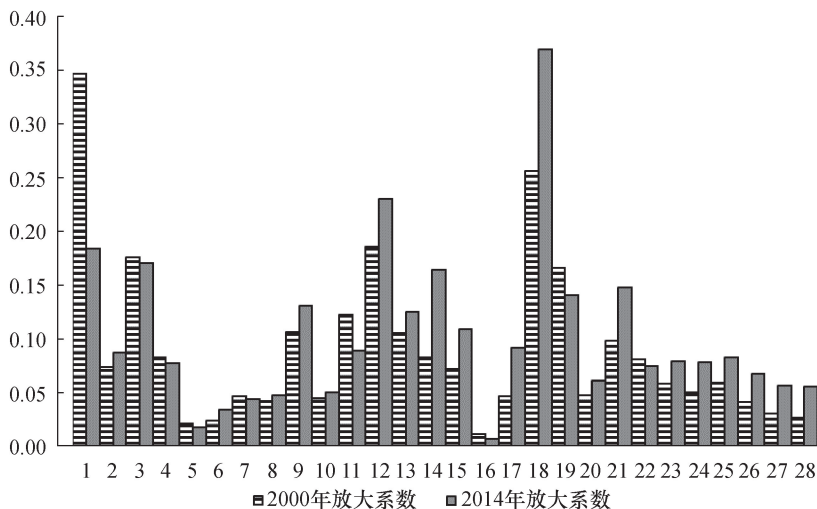
对于某些特定产业如产业 11 其他非金属业、产业 12 基本金属及加工业，其需求重要性影响非常小，但部门间网络效应达到几十倍以上。再从三大产业的情况来看，第二产业除建筑业外普遍具有很高的部门间网络效应，第一产业的网络效应有减小趋势，第三产业内部有所分化，有些部门间网络效应比较低，有些则比较高，并且从 2000 年至 2014 年第三产业的部门间网络效应有升高的趋势。以上测算结果与我国的实际发展情况相契合，第一、第二产业的产品相比第三产业更多用于生产中间品，因此部门间网络效应突出；第三产业产品一般用作最终消费，因此网络效应相对较小；但随着经济发展，第三产业在生产中越发重要，因此其在网络中的作用也在增加，这使得第三产业的部门

间网络效应逐渐提升。

加总三种效应得到总体放大效应，总体放大系数的各部门均值在 2000 年为 0.089，2014 年为 0.100，对比前文得到两个年度的需求重要性效应为 0.0374，产业网络的放大作用明显。不同年份下各行业的放大系数差异很大，从 2000 年至 2014 年，我国放大系数的变化规律是第一产业的放大系数逐渐缩小，而第二产业则在不同的产业上既有扩大也有缩小，第三产业在总体上有扩大的趋势。总体来看，放大系数增大的产业往往是这一段时间我国重点发展的产业，如建筑业和一些服务行业如金融业等。

各行业的放大系数反映的是当各行业发生了全要素生产率同样大小（如 1%）的提升后对于宏观经济发展的影响。但全要素生产率提升程度相同的假设并不符合现实，前文中测算发现，各行业在 2000—2014 年间的全要素生产率提升程度存在明显的异质性。本文通过部门全要素生产率的增长率结合放大系数得到各行业对经济发展的贡献，限于篇幅，仅将 2000 年和 2014 年的结果展示如图 3 所示。

图 3 考虑放大系数的部门全要素生产率增长对经济的贡献



其中，纵坐标是行业全要素生产率的对数值的的增长对 GDP 对数值的提升大小。部门全要素生产率增长率结合放大效应反映了不同部门全要素生产率的真实提升对宏观经济的真实影响，从结果来看具有明显的部门异质性。按照本文的测算结果，第一产业的影响逐渐减小，第二产业和第三产业的影响则有上升的趋势；一些特定的产业如建筑业在这段时间内的影响上升十分显著。例如，产业 1 农业在 2000 年的贡献最大，但在 2014 年迅速下滑，产业 18 建筑业在 2000 年贡献排名第二，而在 2014 年则升至第一位。平均来看，从 2000 年至 2014 年，第一产业的增长率贡献从 0.00291 下降到 0.00154，第二产业从 0.00074 增长到 0.00091，第三产业从 0.00055 增长到 0.00070。可以发现，由于放大效应的异质性，某些产业全要素生产率增长很快，但其在产业网络中对其他产业的影响比较小，因此放大效应比较小，二者结合导致其对宏观经济的影响并不大。由于第二产业的放大效应在这 15 年间不断提升，并且其中的一些产业如产业 12 基本金属及加工业的全要素生产率的增长率在这段时间内比较高，因此其对经济的影响较大。

（五）产业结构调整对放大效应的影响

理论分析指出产业结构调整对于放大系数具有潜在影响。本文使用通过投入产出表

获取的现实数据计算出各部门的增加值占比即产业结构，然后结合前文中已经求得的放大系数，对二者进行回归以检验产业结构调整是否与理论分析一致。具体地，本文将放大系数作为被解释变量，产业结构的代理即部门增加值占比作为解释变量，回归结果如表 2 所示。

表 2 各产业增加值占比与放大系数回归结果

	总体 (1)	农业 (2)	制造业 (3)	建筑业 (4)	服务业 (5)
增加值占比	1.895 *** (25.80)	1.681 *** (33.01)	3.138 *** (30.26)	4.889 * (2.32)	1.454 *** (34.65)
常数项	0.0271 *** (8.45)	0.0228 ** (2.96)	0.00223 (0.69)	0.0131 (0.12)	0.0203 *** (10.96)
<i>N</i>	448	16	256	16	160
调整后 <i>R</i> ²	0.601	0.984	0.740	0.246	0.883

注：表中括号中的数字为相应估计量的伴随 *t* 值，***、**、* 分别表示在 1%、5% 与 10% 的显著性水平下显著。

考虑到不同产业的性质有所不同，因此除对所有产业总体进行回归外，本文还分产业进行回归，具体分为农业、工业、建筑业和服务业。工业和建筑业都属于第二产业，但二者在放大系数上体现出明显差异。从回归结果来看，在不进行行业划分时，回归是显著的，划分行业后除建筑业的回归在 5% 的水平上显著外，其他行业均在 1% 的水平上显著。这说明的确如理论分析一样，产业结构调整对于放大系数的改变具有显著的影响。

在不区分行业时，增加值占比变化引发的放大系数的边际贡献为 1.895，结果大于 1，体现出明显的网络外部效应，产业结构的改变会使得整体全要素生产率发生较大的变化。分行业来看，建筑业增加值占比的提升带来的放大效应的提升最大，达到了 4.889，制造业次之，为 3.138，农业和服务业最低，这说明第二产业的增加值占比的变化带来的网络效应最明显，农业和服务业的网络效应则比较小。以上结果表明在进行产业结构调整时，第二产业的放大效应会更显著，第二产业全要素生产率的提升会对宏观经济发展产生较其他部门更大的促进作用。

五、结 论

既有研究主要关注中国全要素生产率的测算问题，针对部门全要素生产率对宏观经济发展影响机制的研究亟须补充。本文构建了一个基于产业网络的理论模型，探讨部门全要素生产率对经济发展的促进机制，以及产业结构调整对此机制的影响，并进行了测算和实证检验。本文发现，首先，理论上部门全要素生产率结合产业网络的放大效应影响总产出，其机制可以被分解为需求重要性效应、自投入网络效应与部门间网络效应；理论分析也指出产业结构调整会对放大效应产生影响。其次，本文使用现实数据测算和检验上述理论，在产业网络的框架下测算了中国分行业的全要素生产率增长率并求得了各行业的放大系数，发现网络结构的确产生了明显的放大作用，其中由部门间的投入结构决定的放大作用最为显著；而当考察部门全要素生产率的增长结合放大系数对总产出的影响时，发现不同行业的影响存在显著的异质性，放大效应的作用不可忽视。最后，本文实证检验了产业结构调整与放大系数的关系，发现增加值占比与放大系数具有显著

正向关系，增加值占比一单位的变化会带来放大系数一单位以上的变化，体现出明显的网络外部性，而第二产业的放大系数变化最明显。

目前，我国经济已经从高速增长阶段转向高质量发展阶段，全要素生产率的提升将成为我国经济增长的原动力，本文的研究有助于更加深刻理解全要素生产率的相关问题并对政策制定提供参考。由于部门全要素生产率的提升结合产业网络结构的放大效应可以影响宏观经济发展，并且放大系数的异质性非常显著，因此如果忽视了产业网络下的放大效应，就会对不同产业对于宏观经济的重要性产生错误判断，不利于宏观经济政策的合理制定。沿着这样的思路，本文的政策建议是：首先，应促进在产业网络中比较重要的产业例如基本金属及加工业的发展，通过产业网络的放大效应来提升宏观全要素生产率，促进经济发展；其次，放大效应的重要来源是产业之间的投入产出关系，因此应该更加关注产业间的关联，通过投入产出关系借助某些特定产业的发展来带动其他产业的发展，可以使多个产业更有效率地协同发展；最后，由于产业结构调整与放大系数改变具有显著的正向关系，因此通过合理的经济政策对产业结构进行调整，如对高端制造业行业的相关支持政策，可以在优化结构的同时，对整体经济增长产生正向影响，若能够进一步改善行业的全要素生产率水平，那么其对经济的促进作用会更大。

参考文献：

1. 干春晖、郑若谷：《改革开放以来产业结构演进与生产率增长研究——对中国 1978—2007 年“结构红利假说”的检验》，《中国工业经济》2009 年第 2 期，第 55—65 页。
2. 郭庆旺、贾俊雪：《中国全要素生产率的估算：1979—2004》，《经济研究》2005 年第 6 期，第 55—65 页。
3. 刘伟、张辉：《中国经济增长中的产业结构变迁和技术进步》，《经济研究》2008 年第 11 期，第 55—65 页。
4. 鲁晓东、连玉君：《中国工业企业全要素生产率估计：1999—2007》，《经济学》（季刊）2012 年第 1 期，第 541—558 页。
5. 吕一清、邓翔：《产业结构升级如何“熨平”了中国宏观经济波动——基于产业结构内生化的 DSGE 模型的分析》，《财贸研究》2018 年第 2 期，第 1—10 页。
6. 齐鹰飞、Li Yuanfei：《财政支出的部门配置与中国产业结构升级——基于生产网络模型的分析》，《经济研究》2020 年第 4 期，第 86—100 页。
7. 涂正革、肖耿：《中国的工业生产力革命——用随机前沿生产模型对中国大中型工业企业全要素生产率增长的分解及分析》，《经济研究》2005 年第 3 期，第 4—15 页。
8. 颜鹏飞、王兵：《技术效率、技术进步与生产率增长：基于 DEA 的实证分析》，《经济研究》2004 年第 12 期，第 55—65 页。
9. 杨汝岱：《中国制造业企业全要素生产率研究》，《经济研究》2015 年第 2 期，第 61—74 页。
10. 张军、施少华：《中国经济全要素生产率变动：1952—1998》，《世界经济文汇》2003 年第 2 期，第 21—28 页。
11. 张开、龚六堂：《开放经济下的财政支出乘数研究——基于包含投入产出结构 DSGE 模型的分析》，《管理世界》2018 年第 6 期，第 24—40 页。

12. 张兴龙:《投入产出关联对资源错配损失效应的放大机理及实证——基于中国投入产出表的分析》,《产业经济研究》2019年第4期,第23—36页。
13. Acemoglu, D. , Akcigit, U. , Kerr, W. , 2016, “Networks and the Macroeconomy: An Empirical Exploration” [J], *NBER Macroeconomics Annual*, Vol. 30, No. 1: 273-335.
14. Acemoglu, D. , Carvalho, V. M. , Ozdaglar, A. , 2012, “The Network Origins of Aggregate Fluctuations” [J], *Econometrica*, Vol. 80, No. 5: 1977-2016.
15. Herrendorf, B. , Valentinyi, A. , 2012, “Which Sectors Make Poor Countries so Unproductive?” [J], *Journal of the European Economic Association*, Vol. 10, No. 2: 323-341.
16. Jones, C. I. , 2011, “Misallocation, Economic Growth, and Input-output Economics” [R], National Bureau of Economic Research, No. w16742.
17. Restuccia, D. , Yang, D. T. , Zhu, X. , 2008, “Agriculture and Aggregate Productivity: A Quantitative Cross-country Analysis” [J], *Journal of Monetary Economics*, Vol. 55, No. 2: 234-250.

Total Factor Productivity, Industrial Network and Economic Development

Zhao Xiaojun, Wang Kaiyuan
(School of Economics, Peking University)

Abstract: This paper uses the industrial network model to investigate the impact of total factor productivity combined with industrial network on macroeconomic development. Theoretical analysis shows that the total factor productivity of the sector combined with the importance effect of demand, self-input network effect and inter-sector network effect, collectively called the amplification effect, affects the macroeconomic development; and industrial structure adjustment will affect the above effects. Furthermore, WIOD data are used to calculate the real impact of the growth rate of total factor productivity of various sectors in China from 2000 to 2014 combined with the amplification effect on economic development. The results show that before and after the amplification effect, the improvement of total factor productivity of various sectors has completely different impacts on economic development. In addition, the empirical test of the relationship between sectors' amplification effect and industrial structure shows that industrial structure adjustment will lead to the positive change of amplification coefficient, and the most prominent mechanism is in the industrial sector. This paper provides theoretical support for the importance of total factor productivity from the perspective of industrial network.

Keywords: industrial network model; total factor productivity; amplification effect; industrial structure

JEL Classification: C67; D24; L16