

Research on the Influential Factors of Governance Structure of Equipment Manufacturing Industrial Chain Longitudinal Based on the ISM Model

Jie Duan, Shanshan Zhai, Shiyang Wang

The Western Industrial Economy Research Institute of Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi
Email: duanjieyong@163.com

Received: May 23th, 2017; accepted: Jun. 6th, 2017; published: Jun. 14th, 2017

Abstract

In this paper, based on the equipment manufacturing industry chain, vertical governance structure also presents from vertical integration to the evolution trend of vertical disintegration, establishes the influence factors of equipment manufacturing industrial chain longitudinal governance index system. In this paper, the working principle of the ISM model was introduced and analyzed; the forces of the interaction between the influencing factors of the equipment manufacturing industry market were given the inner mechanism of the influence on the longitudinal governance structure of the equipment manufacturing industry chain.

Keywords

ISM Model, The Equipment Manufacturing Industry, Industrial Chain, Influencing Factors

基于ISM模型的装备制造业产业链纵向治理结构影响因素研究

段 婕, 翟珊珊, 王诗洋

西北工业大学西部产业经济研究所, 陕西 西安
Email: duanjieyong@163.com

收稿日期: 2017年5月23日; 录用日期: 2017年6月6日; 发布日期: 2017年6月14日

摘要

本文引入ISM模型的工作原理，基于装备制造业产业链，纵向治理结构也呈现出从纵向一体化到纵向非一体化的演变趋势，建立装备制造业产业链纵向治理结构的影响因素指标体系，分析了装备制造业市场势力影响因素间的相互作用的内在机理，给出目前影响装备制造业产业链纵向治理结构的主要因素。

关键词

ISM模型，装备制造业，产业链，影响因素

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题的提出

21 世纪以来，装备制造业在发达国家被置于优先发展的战略地位，呈现出高技术化和高服务化、产业链垂直分工深化和全球化配置、经济组织形态变革的新特点。世界各国装备制造业在工业中所占比重呈现出迅猛增长的趋势，为各行业的技术、工艺发展提供丰富的物质基础。近年来，在我国经济的快速发展中，装备制造业的快速进步起到了关键性的作用。经过 50 多年的发展，我国装备制造业已经形成门类较齐全、规模较大且具有较高技术水平的产业体系。装备制造业中家电、医药、电子等多个行业的八十种产品的产量位居世界第一，装备制造业产品出口稳定在 80% 之多，带来了接近 75% 的外汇收入。2015 年在全球固定资产投资增长逐步趋缓的形势下，我国装备制造业主要增长指标保持上年水平，其中营业收入维持在 10% 水平，利润增速达到 10% 以上。四季度装备制造业销售利润率为 6.5%，比上年同期低 0.2 个百分点，但比同期全部工业销售利润率依然高 0.3 个百分点。同时，装备制造业内部结构不断优化，结构调整已经从关键技术攻关、国内产业生态链搭建上升到了国际市场突破阶段，成为中国制造具备国际顶级竞争力的优势产业。

发达国家特别是装备制造业强国美国、日本和德国的“再工业化”和“重回制造业”，对我国装备制造业乃至整个制造业形成严峻的挑战。特别是在我国劳动力和资源的比较优势逐步丧失、技术经济基础设施和制度基础设施亟待进一步发展完善、包括装备制造业在内的制造业“大而不强”、“低端锁定”等境况之下，这一挑战的严峻性愈发凸显。近年来，我国装备制造业产业链逐步完整，且与世界其他发达装备制造业相同，装备制造业产业链纵向治理结构也呈现出从纵向一体化到纵向非一体化的演变趋势；但是也存在自主创新能力薄弱、核心技术和关键技术对外依赖性较强、长期锁定在附加值低端环节，地区发展差距较大等严峻问题，如何优化我国装备制造业产业结构，提升装备制造业的整体发展水平，成为目前我国装备制造业发展的关键问题，亟需找出影响装备制造业产业链纵向治理结构的关键因素。

国内学者对装备制造业产业链纵向治理结构实现路径研究尚未达成一致，争议的焦点集中于产业链纵向治理结构的纵向一体化和非一体化发展模式。赵红[1] (2013)研究了高端装备制造业产业链升级的路径选择，认为高端装备制造业产业链应注重产品维度的纵向一体化发展；邢国均和邓继跃[2] (2012)提出了我国装备制造业突破竞争力制约的三条路径；李青原和唐建新[3] (2010)利用我国企业层面的微观数据，对企业纵向一体化的影响因素及生产率效应进行研究，我国企业的纵向一体化决策主要是为降低资产专

用性、不确定性所带来的市场交易成本，同时也是对弱化法律制度和政府规制政策的反应，企业的纵向一体化程度与生产效率之间显著负相关；孙晓华[4] (2011)利用我国工业行业层面的面板数据对企业级向边界的影响因素进行了经验验证，得出技术进步对纵向一体化程度有显著的负向影响的结论。另外一些学者则认为装备制造业产业链纵向治理结构呈现非纵向一体化的趋势。如：董翔宇[5] (2014)、李纲[6] (2014)等为代表，认为装备制造业相关子行业处于纵向非一体化发展趋势。随着装备制造业的发展，其纵向治理结构出现由一体化向非一体化发展的趋势。郭舒[7] (2014)、郑方[8] (2014)、王科等[9] (2014)运用动态博弈等方法对比分析了产业链纵向一体化与非一体化发展结构的优劣，认为交易成本会影响企业纵向治理结构的选择。现有研究中对装备制造业产业链纵向治理结构的影响因素的研究较少。

本文认为，纵向一体化是企业两个可能的方向上扩展现有经营业务的一种发展战略，它包括前向一体化和后向一体化。前向一体化战略是企业自行对本公司产品做进一步深加工，或者资源进行综合利用，或公司建立自己的销售组织来销售本公司的产品或服务。后向一体化则是企业自己供应生产现有产品或服务所需要的全部或部分原材料或半成品；产业链纵向治理机制是指与纵向治理结构即交易的组织形态相匹配的、为促进交易各方之间的合作和提升合作收益而采取的一系列协调手段、措施和制度。而促进合作、提升合作收益的关键问题是建立公平合理的合作收益分配机制。基于此，本文运用 ISM 模型研究我国装备制造业产业链纵向治理结构的影响因素，通过实证分析找出影响装备制造业纵向治理结构的关键因素，为优化我国装备制造业的产业结构提供理论指导。

2. 装备制造业产业链纵向治理结构影响因素指标体系的建立

本文在系统梳理产业链纵向治理结构理论文献[1]-[9]中提及相关因素的基础上，整理和归纳了装备制造业产业链纵向治理结构的影响因素指标体系。如下表 1。本文从资源禀赋因素、技术经济基础设施建设因素、市场因素三个方面选取 11 个具体因子作为装备制造业市场势力影响因素系统的构成要素(如表 1 所示)。

Table 1. Factors influencing market forces in equipment manufacturing industry
表 1. 装备制造业市场势力影响因素

	影响因子	因素标识
资源禀赋	自然资源	s_1
	人力资源	s_2
	资本	s_3
技术经济基础设施	资产专用性	s_4
	信息技术及通讯业	s_5
	交通运输业	s_6
	电子商务与现代物流发展基础	s_7
市场因素	技术创新	s_8
	市场集中度	s_9
	进入壁垒	s_{10}
	行政垄断制度	s_{11}

2.1. 资源禀赋因素

资源禀赋，是指一个国家或地区所拥有的各种生产要素的富裕程度，主要包括人力资本、土地、管理等。资源禀赋理论认为在生产同一产品的相同技术水平下，不同国家或地区生产同一产品的成本差异导致价格差异，而成本差异主要取决于生产过程中所使用的各种生产要素的价格不同，生产要素的价格差异主要源自不同国家或地区生产要素的相对富裕程度[10]。本文研究的是装备制造业产业链纵向治理结构资源禀赋的影响，这里的资源禀赋主要研究的是除了上述提到的土地、资本、劳动要素外，与装备制造业发展相关的资源禀赋还包括如矿藏、能源等在内的自然资源禀赋。资源禀赋不同会对装备制造业市场势力产生影响，从而影响到产业链纵向治理结构。一方面，更加富裕的同质性资源会强化装备制造业的市场势力。如果企业拥有相同的要素资源，那么拥有更富裕的要素资源的企业同其他企业相比就拥有更强大的市场势力；如果企业不仅没有同质性资源，而且又没有其它低成本的替代品，那么企业势必会投入相对更多的资本来谋求发展，从而造成企业市场竞争的负担。另一方面，不容易被模仿的异质性资源有利于增强装备制造业市场势力。如果企业拥有其他企业所没有的技术、专业人才等生产要素，那么企业就会在长时间维持市场领先地位。这种知识或技术被称为异质性资源，不易被模仿的异质性资源是企业构建异质性市场竞争力的关键，凭借这种优势可以使企业在相对长的时间内形成一定的市场势力，直到该异质性资源被其它企业所模仿而逐渐变为同质性资源为止。

2.2. 技术经济基础设施

本文所涉及的技术经济基础设施主要是指信息技术及通讯业、交通运输业。这些行业的发展，一般来说，将降低市场交易成本，进而改变一体化企业而非一体化企业效率对比。信息技术及通讯业、交通运输业属于技术经济性基础设施的范畴，这些行业具有一个共同特征，即通过技术手段和基础设施建设服务于信息交流和物质交流。按照《国民经济行业分类(GB/T4754-2011)》，本文的信息技术及通讯业属于“信息传输、软件和信息技术服务业”门类。该门类有3个大类：“电信、广播电视和卫星传输服务”、“互联网和相关服务”、“软件和信息技术服务业”。本文的信息技术对应“互联网和相关服务”、“软件和信息技术服务业”这两个两位数行业；通讯业对应“电信、广播电视和卫星传输服务”。“互联网和相关服务”大类行业包括“互联网接入及相关服务”、“互联网信息服务”和“其他互联网服务”等3个小类行业。“软件和信息技术服务业”大类行业包括“软件开发”、“信息系统集成服务”、“信息技术咨询服务”、“数据处理和存储服务”和“集成电路设计”等小类行业。按照上述行业分类标准，交通运输业包括铁路运输业、道路运输业、水上运输业、航空运输业、管道运输业、装卸搬运和运输代理业等几大类行业。

信息技术及通讯业的发展对一体化企业内部的协调成本及市场交易成本均会产生影响，由此改变了市场、一体化企业而非一体化的效率对比。随着信息技术及通讯业的发展，市场交易成本和企业内部协调成本均存在不断下降趋势，但前者的下降趋势更加显著，从而使得一体化企业对市场交易成本的节约效应出现较大幅度弱化，进而导致非一体化企业效率不断提高[11]。

交通运输业的发展可以降低市场交易成本，进而促进专业化分工和市场规模的扩大，这使得企业间网络组织相对于一体化企业的效率得以提高。同时，以交通运输业为支撑发展起来的现代物流业使得企业之间的物质交流更便捷高效，从而进一步降低了市场交易成本[12]。这促进了产业链垂直分工的进一步深化，即加速了企业的纵向非一体化进程。

另外，信息技术及通讯业的发展和交通运输业的发展这两种外部影响因素对企业效率的影响并不是相互隔绝开的。这两种外部因素之间相互交织，共同作用于降低市场交易成本，从而改变非一体化企业和一体化企业之间的效率对比。两种外部因素之间的相互交织就是这里要特别提到的电子商务和现代物

流的融合发展。电子商务和现代物流分属于信息技术业和交通运输业，且均属于生产性服务业的范畴。电子商务的发展推动传统物流升华为现代物流，而高效的现代物流保障了电子商务优势的充分发挥[13]。电子商务和现代物流的融合发展使得装备制造业之间的信息和物质交流更加便捷高效，从而大幅降低了市场交易成本。技术创新使装备制造业企业创造出比竞争者更优越的新产品，形成产品差异化来赢得更多消费者的青睐，提升竞争优势。技术创新能够使装备制造业产业链中的企业集中资源发展优势产品，并改变企业生产模式，将不必要的生产线分包出去，发展核心产品。同时，技术创新降低了交易成本，进而促进产业链的纵向非一体化趋势。

2.3. 市场因素

影响装备制造业产业链纵向治理结构的市场因素主要从市场集中度、进入壁垒和行政垄断制度三方面分析。1) 市场集中度是反映市场的竞争状况，以及判别市场结构类型的一个重要指标，它可以反映出市场的竞争和发展情况。随着市场集中度的提高，装备制造业企业越容易形成市场势力，进而获得垄断地位。市场集中度越高，处于垄断地位的企业越可以通过自身的垄断地位操纵市场价格，使市场价格严重偏离完全竞争水平，使企业就可从中获利。企业可以通过纵向一体化手段来消除双重边际成本、制定其实价格、提高竞争者成本等排挤竞争对手从而增加市场[14]。因此，市场势力是影响装备制造业产业链纵向治理结构选择中的重要因素。2) 进入壁垒主要是指市场进入者进入市场的门槛，也可以理解为，相对于市场潜在的进入者，市场在位企业所具有的竞争优势，其本质是反映新进入企业同在位企业之间竞争条件的差异。进入壁垒能够很大程度的提高市场进入门槛，降低市场激烈竞争程度，培育并提高企业的市场势力。3) 行政垄断是指政府借助公共权力限制或者排斥市场竞争。近年来，为了促进装备制造业的结构调整，国务院出台了《关于加快振兴装备制造业的若干意见》。行政垄断制度有利于市场势力的维持，但往往造成负外部性，造成经济福利的流失。

3. ISM 模型的引入及建模分析

3.1. ISM 模型的引入

目前，学术界对装备制造业纵向一体化影响因素的研究大多停留在统计层面，关注统计数据之间的数量关系，并未系统地通过建模来探析不同影响因素之间的逻辑关系。解释结构模型(ISM, Interpretative Structural Modeling)是现代系统工程中应用较广的分析方法，通过整合系统要素之间的凌乱关系，分析复杂系统要素间的关联结构，从而揭示出系统内部结构。ISM 技术在 1973 年由美国 J.N.沃菲尔德教授提出，在解决复杂的社会经济系统结构问题方面有着绝对优势。这种分析方法主要适用于变量较多，各因子间关系复杂，并且系统结构关系繁琐且关系模糊不清的系统分析[15]。装备制造业作为复杂的经济系统，其产业链纵向非一体化影响因素关系错综复杂，且各指标之间的关联性难以消除，因此，简单利用传统的实证分析方法会影响分析结果的准确性。因此，本文利用解释结构模型，分析装备制造业纵向治理结构诸影响因子的层次关系，识别影响因素系统的顶层因子。

ISM 模型的核心内容是：通过各种创造性技术，提取问题的构成要素，利用有向图、矩阵等工具和计算机技术，对要素及其相互关系等信息进行处理，最后用文字加以解释说明。模型通过对表示有向图的相邻矩阵的逻辑运算，得到可达性矩阵，最终使复杂系统分解成层次清晰的多级递阶形式，从而可以对多目标、元素之间的各种直接与间接关系(包括包含关系、传递关系等)进行分析。其原理是通过多级递阶结构将一个错综复杂的社会系统分解成为若干个子系统要素，通过经验函数和分布以及借助于计算机辅助计算最终能够清楚的反映该系统元素之间的结构关系。此模型为静态的定性模型，属于结构模型，利用这种结构模型可以把模糊不清的思想、关系、看法转化成为直观、具有良好结构关系的模型结构，

使之具有良好而直观的可读性和可参考性[16]。能够将要素之间模糊不清、错综复杂的关系，转化为直观的层级结构关系，结构模型原理如图 1 所示。

具体的说，运用 ISM 方法计算要素关系包括 5 个步骤：

步骤 1：计算得邻接矩阵。给出系统组成要素 $s_i (i=1,2,\dots,n)$ 、 $s_j (j=1,2,\dots,n)$ ，定义两个要素(s_i,s_j)的二元关系，用 s_iRs_j 表示。二元关系 R 可以解释为很多具体含义，如 s_i 和 s_j 之间的相互影响， s_i 是 s_j 的决条件， s_i 较 s_j 重要等[17]。用邻接矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 的形式表示元素之间是存在二元关系。邻接矩阵 A 的元素 a_{ij} 为二值布尔型，即当元素 s_i 和 s_j 之间存在二元关系时取值为 1，否则为 0。

步骤 2：计算可达矩阵。计算邻接矩阵 A 和单位阵 I 的和($A+I$)，通过布尔代数运算做矩阵 $A+I$ 的幂运算，得到满足(1)式的正整数 n ， n 表示幂运算的循环次数。

$$M = (A + I)^{n+1} = (A + I)^n \neq (A + I)^2 \neq (A + I), (n = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

矩阵 $M = (A + I)^n$ 称为可达矩阵，矩阵中的元素 s_{ij} 取值为二值布尔型，1 表示要素 s_i 与 s_j 间存在着可到达的路径，反之 0 代表无可达路径。元素 s_{ij} 的取值表示要素 s_i 直接或间接影响要素 s_j 。可达矩阵直接反映了各个要素之间存在的直接或间接关系，其在分析系统结构上起着非常重要的作用[17]。

步骤 3：要素的级别划分。通过可达矩阵 M ，求有关要素 s_i 的集合：

$$R(s_i) = \{s_j | s_j \in S, a_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

$$A(s_i) = \{s_j | s_j \in S, a_{ji} = 1, j = 1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

其中， $R(s_i)$ 称为可达集合，表示从要素 s_i 出发可以到达的全部要素的集合，对应可达矩阵 M 的第 i 行上所有取值为 1 的列所表示的要素； $A(s_i)$ 称为先行集合，表示可以到达要素 s_i 的全部要素的集合，对应可达矩阵 M 的第 i 列上所有取值为 1 的行所表示的要素。再根据 $R(s_i)$ 、 $A(s_i)$ ，求满足式(4)的各要素集合 L_i 。

$$L_i = \{s_i | R(s_i) \cap A(s_i) = R(s_i), n = 1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

设 P 是由区域划分得到的某区域要素集合，若用 L_1, L_2, \dots, L_i 表示从高到低的各级要素集合，则级位划分的结果可写成： $P = \{L_1, L_2, \dots, L_i\}$ 。第一层要素(L_1)为系统的终止集要素，级位划分的基本方法是：找出系统的最高级要素将其去掉，在剩余的系统要素中再求要素集合的最高级要素，以此类推，直到确定最低级要素集合。

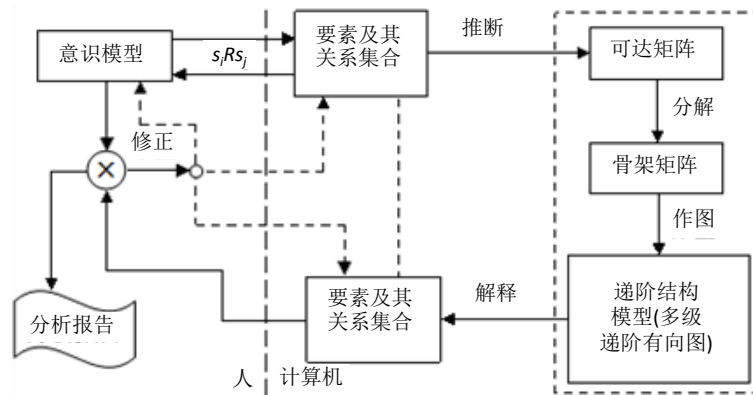


Figure 1. Working principle diagram of ISM model
图 1. ISM 模型工作原理图

步骤 4: 生成层次结构图。级别分配结束后, 把各要素从上至下按级别顺次放置在不同层次中。同时可达矩阵 M 的行列也按这一级别顺序排列(通过这一操作对矩阵 M 进行三角分解)。依据三角化分解后的矩阵 M , 通过用有向枝连接相邻级别的要素及同一级别的要素, 得到系统的层次结构的有向图的形式表示。有向图是由节点和连接各节点的有向弧(箭头)组成的, 节点表示系统的各构成要素, 有向弧表示要素之间的二元关系, 路长是从节点 $i(s_i)$ 到 $j(s_j)$ 的最少的有向弧数, 即要素 s_i 与 s_j 间二元关系的传递次数[18]。若第 i 行元素全为 0, 则 s_i 是系统的输出要素(汇点); 若第 j 列元素全为 0, 则 s_j 是系统的输入要素(源点)。邻接矩阵(也称为直接关系矩阵)只能反映系统要素之间的直接关系, 不能反映间接关系。

根据表 1 中建立的装备制造业纵向治理结构影响因素指标体系, 建立装备制造业纵向非一体化影响因素集 S , s_i 表示第 i 个影响因子, 则 $S = \{s_i\}$ 。将接口关系集记为 R , 则:

$$R = \{a_{ij}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 12$$

由装备制造业纵向非一体化系统要素间接口关系的描述, 装备制造业纵向非一体化系统要素间接口关系可以用邻接矩阵 A 表示:

$$A = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 & S_{10} & S_{11} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \\ S_9 \\ S_{10} \\ S_{11} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

对矩阵 $(A+I)$ 进行幂运算(基于布尔代数运算), 直至式(1)成立为止, 通过计算求得 $n = 5$ 和可达矩阵 $M = (A+I)^5$, 则可达矩阵为:

$$M = (A+I)^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

根据可达矩阵 M , 求各要素的可达集 $R(s_i)$ 、先行集 $A(s_i)$ 和共同集 $C(s_i)$, 如表 2 所示。

满足式(4)要求的有 s_5 、 s_6 , 由此确定第 1 级 $L_1 = \{s_5, s_6\}$ 。删除与要素 s_5 、 s_6 对应的第 16 行、第 17

Table 2. Interaction relationship between market forces of equipment manufacturing industry
表 2. 装备制造市场势力影响因素间的相互作用关系

要素 s_i	可达集 $R(s_i)$	先行集 $A(s_i)$	共同集 $C(s_i)$
s_1	s_1, s_4, s_5, s_8, s_9	s_1, s_{11}	s_1
s_2	s_2, s_6, s_7	s_2, s_8	s_2
s_3	s_3, s_5, s_7	s_3, s_{10}	s_3
s_4	s_4, s_5, s_6, s_8	$s_1, s_4, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}$	s_4, s_8
s_5	s_5	$s_1, s_3, s_4, s_5, s_7, s_8, s_{10}, s_{11}$	s_5
s_6	s_6	s_2, s_4, s_6, s_7	s_6
s_7	s_5, s_6, s_7, s_8	s_2, s_3, s_7, s_8	s_7
s_8	$s_2, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}$	s_1, s_4, s_8	s_4, s_8
s_9	s_5, s_9, s_{10}, s_{11}	$s_1, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}$	s_9, s_{10}, s_{11}
s_{10}	$s_3, s_4, s_5, s_6, s_9, s_{10}, s_{11}$	s_8, s_9, s_{10}, s_{11}	s_9, s_{10}, s_{11}
s_{11}	$s_1, s_4, s_5, s_6, s_9, s_{10}, s_{11}$	s_9, s_{10}, s_{11}	s_9, s_{10}, s_{11}

行及第 16 列、第 17 列，得到矩阵 M' ，在 M' 上同理求出满足式(4)的要素，得到第 2 级 $L_2 = \{s_4, s_9\}$ ，同理求得 $L_3 = \{s_7, s_{11}\}$ 、 $L_4 = \{s_1, s_2, s_3\}$ 、 $L_5 = \{s_{10}\}$ 。11 个要素分配在 5 个级别上，按这种级别顺序排列矩阵 M 的行和列，得到：

$$M = \begin{matrix} & S_5 & S_6 & S_4 & S_9 & S_7 & S_{11} & S_1 & S_2 & S_3 & S_8 & S_{10} \\ \begin{matrix} S_5 \\ S_6 \\ S_4 \\ S_9 \\ S_7 \\ S_{11} \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_8 \\ S_{10} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

参照上述分块三角化矩阵 M ，用有向枝连接相邻级别间的要素及同一级别的要素，可构造出如图 2 所示的结构模型。

由图 2 可见，装备制造产业链纵向非一体化影响因素的关系体现为 5 个层次。其中，第一层次包括信息技术及通讯业的发展和交通运输业的发展；第二层次包括资产专用性和市场集中度；第三层次包括电子商务与现代物流、行政垄断制度；第四层次包括自然资源、人力资源、资本、技术创新；第五层次是进入壁垒。可以看出，信息技术及通讯业的发展和交通运输业是装备制造产业链纵向非一体化的顶层影响因子，从各影响因素的相互作用与相互关系发现，各个因素影响装备制造产业链纵向非一体化的强弱都有不同程度的、直接或是间接影响作用，虽然各因素的影响深度与广度不一样，但是所有因素的影响作用都可以通过技术创新这个顶层因子集中体现出来。同时，资产专用性和市场集中度因素也是重要的影响因素，资产专用性对信息技术及通讯业的发展有直接影响，而市场集中度也对交通运输业发展有直接影响，因此，本文选取这四个顶层因子作为西部装备制造产业链纵向治理结构的外因因素。

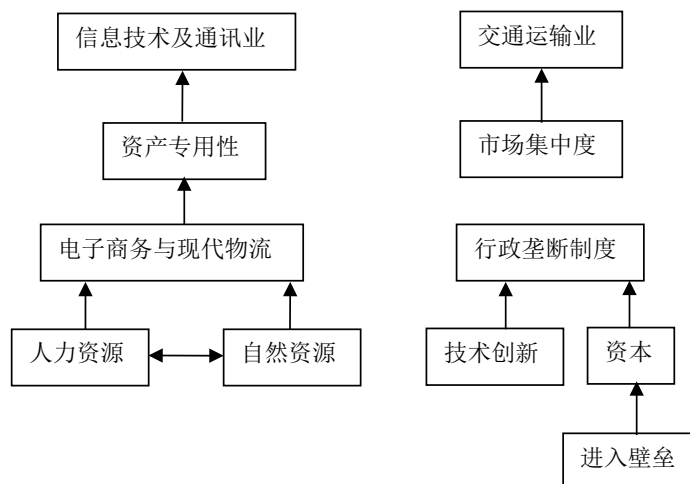


Figure 2. A vertically non hierarchical multilevel interpretative structural model for equipment manufacturing industry
图 2. 装备制造业纵向非一体化多层递阶解释结构模型

3.2. ISM 建模分析

根据所建立的装备制造业纵向治理结构影响因素指标体系，建立装备制造业纵向非一体化影响因子集 S ， s_i 表示第 i 个影响因子，则 $S = \{s_i\}$ 。将接口关系集记为 R ，则：

$$R = \{a_{ij}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 12$$

由装备制造业纵向治理结构演变系统要素间接口关系的描述如下：

装备制造业纵向治理结构影响因素邻接矩阵 A 可由表 2 中的对应元素转换得到，其转换规则为：① 若 $i = j$ ，则 $s_{ij} = s_{ji} = 1$ ；② 若 s_{ij} 在表 2 中对应的是 V ，则 $s_{ij} = 1$ ，且 $s_{ji} = 0$ ；③ 若 s_{ij} 在表 2 中对应的是 A ，则 $s_{ij} = 0$ ，且 $s_{ji} = 1$ ；④ 若 s_{ij} 在表 2 中对应的是 X ，则 $s_{ij} = s_{ji} = 1$ ；⑤ 若 s_{ij} 在表 3 中对应的是 O ，则 $s_{ij} = s_{ji} = 0$ 。基于上述转换规则，可以获得邻接矩阵 A (如表 4 所示)。

对矩阵 $(A + I)$ 进行幂运算(基于布尔代数运算)，通过计算求得 $n = 3$ 和可达矩阵 $M = (A + I)^3$ 。这里需要说明的是，利用布尔运算的意义在于：如果邻接矩阵 A 中要素 i 对要素 k 有直接影响作用，要素 k 对要素 j 有直接影响作用，则说明在因素 i 与因素 j 之间存在间接影响作用。基于此，学者们常用布尔运算法则，对于每一个 $s_{ik} = s_{kj} = 1$ ，可得出 $s_{ij} = 1$ ($k = 1, 2, \dots, 9$)，填入 A 中， A 继续根据上法则进行循环迭代，直到当 A 中的元素不再发生变化时停止，便得到可达矩阵 M (如表 5 所示)。

由表 5 可得装备制造业产业链纵向治理结构影响因素第 1 级可达集和前因集如表 6 所示。

基于 ISM 级层形成原理，在可达矩阵 M 中去除第 1 行、第 1 列，第 5 行、第 5 列，第 8 行、第 8 列，第 9 行、第 9 列，寻找第 2 级节点，得装备制造业产业链纵向治理结构影响因素第 2 级可达集和前因集如表 7 所示。

同理得装备制造业产业链纵向治理结构影响因素第 3 级和第 4 级可达集和前因集如表 8 和表 9 所示。

经过对装备制造业产业链纵向治理结构演变影响因素的层次划分，可得到多级递阶解释结构模型，如图 3 所示。该模型是一个 4 级递阶有向层次结构模型，从图中可以清晰地看到制约装备制造业产业链纵向治理结构演变的各要素之间的内在关系，自下而上的箭头表明低一层次因素影响高一层次因素。此外，以依赖性为横坐标，驱动力为纵坐标，将各因素按其驱动力和依赖性的值标注于坐标系中，得到各因素的归类分析图(如图 4 所示)。

Table 3. Factors influencing the vertical governance structure evolution of equipment manufacturing
表 3. 装备制造业纵向治理结构演变影响要素接口关系矩阵

要素	s_9	s_8	s_7	s_6	s_5	s_4	s_3	s_2
s_1	O	O	O	A	O	O	O	O
s_2	O	O	V	A	O	O	O	
s_3	O	V	O	V	V	O		
s_4	O	V	O	O	V			
s_5	O	O	O	O				
s_6	O	O	O					
s_7	V	V						
s_8	O							
s_9								

注： V 表示行要素 s_i 对列要素 s_j 有直接影响作用； A 表示列要素 s_j 对行要素 s_i 有直接影响作用； O 表示行要素 s_i 与列要素 s_j 之间不存在直接影响。

Table 4. Adjacent factors matrix of vertical governance structure of equipment manufacturing industry A
表 4. 装备制造业纵向治理结构影响要素邻接矩阵 A

要素	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9
s_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
s_2	0	1	0	0	0	0	1	0	0
s_3	0	0	1	0	1	1	0	1	0
s_4	0	0	0	1	1	0	0	1	0
s_5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
s_6	1	1	0	0	0	1	0	0	0
s_7	1	1	0	0	0	0	1	0	0
s_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0
s_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Table 5. Equipment manufacturing industry chain vertical governance structure evolution influence factors accessibility matrix M

表 5. 装备制造业产业链纵向治理结构演变影响要素可达矩阵 M

要素	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	驱动力
s_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
s_2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
s_3	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
s_4	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3
s_5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
s_6	1	1	0	0	0	1	1	0	0	4
s_7	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
s_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
s_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
依赖性	5	4	1	1	3	2	4	3	1	

Table 6. Influence Factors of vertical governance structure of equipment manufacturing industry chain, first stage accessibility set and antecedents set**表 6.** 装备制造业产业链纵向治理结构影响因素第 1 级可达集和前因集

要素	可达集 $R(s_i)$	先行集 $A(s_i)$	交集 C	级别
s_1	1	1,2,3,6,7	1	I
s_2	1,2,7	2,3,6,7	2,7	
s_3	1,2,3,5,6,7,8	3	3	
s_4	4,5,8	4	4	
s_5	5	3,4,5	5	I
s_6	1,2,6,7	3,6	6	
s_7	1,2,7	2,3,6,7	2,7	
s_8	8,9	3,4,8,9	8,9	I
s_9	9	9	9	I

Table 7. Influence Factors of vertical governance structure of equipment manufacturing industry chain, second stage reachable set and antecedents set**表 7.** 装备制造业产业链纵向治理结构演变影响因素第 2 级可达集和前因集

要素	可达集 $R(s_i)$	先行集 $A(s_i)$	交集 C	级别
s_2	2,7	2,3,6,7	2,7	II
s_3	2,3,6,7	3	3	
s_4	4	4	4	II
s_6	2,6,7	3,6	6	
s_7	2,7	2,3,6,7	2,7	II

Table 8. Influence Factors of vertical governance structure of equipment manufacturing industry chain, third stage reachable set and antecedents set**表 8.** 装备制造业产业链纵向治理结构演变影响因素第 3 级可达集和前因集

要素	可达集 $R(s_i)$	先行集 $A(s_i)$	交集 C	级别
s_3	3,6	3	3	
s_6	6	3,6	6	III

Table 9. Influence factors of vertical governance structure of equipment manufacturing industry chain, fourth stage reachable set and antecedents set**表 9.** 装备制造业产业链纵向治理结构演变影响因素第 4 级可达集和前因集

要素	可达集 $R(s_i)$	先行集 $A(s_i)$	交集 C	级别
s_3	3	3	3	

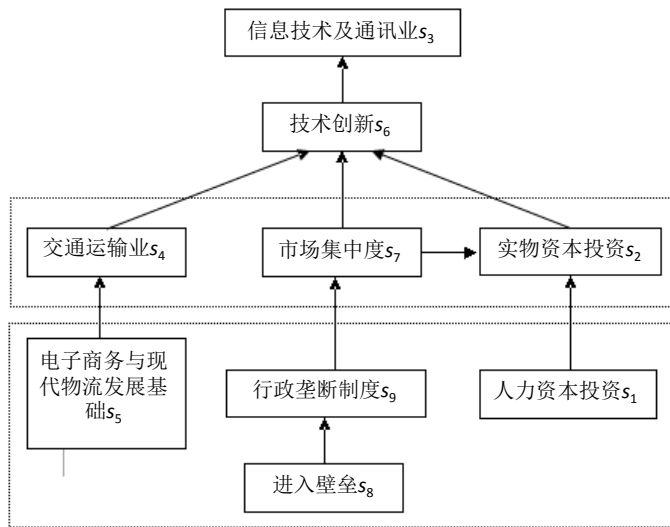


Figure 3. Equipment manufacturing industry chain vertical governance structure evolution influencing factors interpretation structure model diagram
图 3. 装备制造业产业链纵向治理结构演变影响因素解释结构模型图

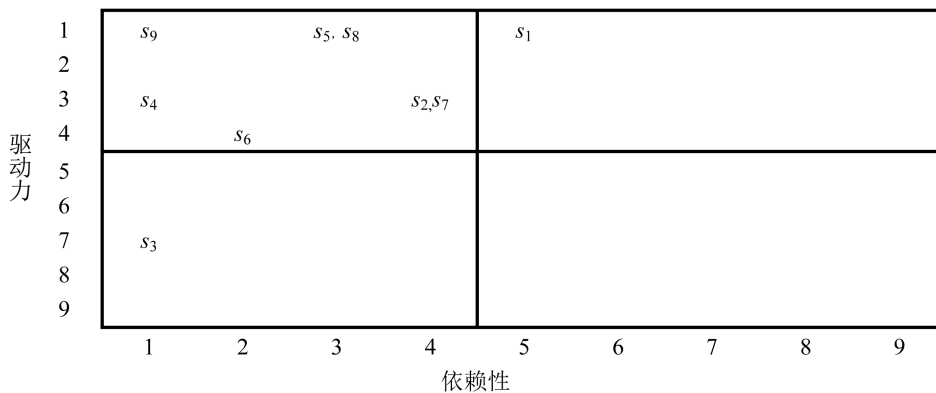


Figure 4. Equipment manufacturing industry chain vertical governance structure evolution influencing factors classification analysis chart
图 4. 装备制造业产业链纵向治理结构演变影响因素归类分析图

4. 结论

本文借助解释结构模型方法的优势，研究在系统归纳和整理影响装备制造业产业链纵向治理结构影响因素的基础上，在一定程度上厘清各个制约因素间相互作用的内在机理。通过研究本文认为：1) 装备制造业产业链纵向治理结构受多种制约因素共同影响。其中人力资本投资、实物资本投资、信息技术及通讯业发展、交通运输业发展、电子商务与现代物流发展、技术创新、市场集中度、进入壁垒、行政垄断制度等九种因素是目前影响装备制造业产业链纵向治理结构的主要因素。2) 装备制造业产业链纵向治理结构各个影响因素之间并非孤立存在，而是存在相互作用的关系。本研究通过构建解释结构模型，系统而又科学地探索出了各种影响因素间的内在关系，从 4 个层次上直观反映了装备制造业产业链纵向治理结构各影响因素直接和间接影响。信息技术及通讯业发展是影响装备制造业产业链纵向治理结构的根本原因，信息技术及通讯业的发展从根本上改变了传统装备制造业产业链的生产方式和交易成本，从而

直接影响装备制造业产业链纵向治理结构。技术创新使信息技术和通讯业得以快速发展,从而促进制造业产业链纵向治理结构的演变。交通运输业、市场集中度和实物投资会影响装备制造业技术创新,且装备制造业市场集中度变化也会导致实物资本投资的变化。电子商务与现代物流发展、行政垄断制度、进入壁垒和人力资源投资都是影响装备制造业产业链纵向治理结构的直接因素。3) 不同因素发挥着不同的效用。装备制造业市场集中度的驱动力较强,依赖性较弱,说明市场集中度对装备制造业产业链纵向治理结构影响较为直接;人力资本投资的依赖性较强,驱动力较弱,说明人力资本投资对装备制造业产业链纵向治理结构影响较为间接;而其他因素的依赖性和驱动力则比较平均。

基金项目

国家社会科学基金“军民融合产业嵌入区域经济发展耦合机理研究”(No.14XJL009);陕西省自然科学基金“基于动态多边非契约方式的西部国防科技产业集群协同创新理论模型研究”(2014JM2-7137);西北工业大学人文与经法学院青年教师培养资助项目“西部装备制造业产业链纵向治理结构的演化机理研究”(RWZZ2014-01)中央高校基本科研业务费专项资金资助“‘一带一路’下西部地区先进制造业与现代服务业产业融合路径研究”(3102016RW001);西北工业大学研究生创新创业种子基金项目(Z2017225)。

参考文献 (References)

- [1] 赵红,王玲. 高端装备制造业产业链升级的路径选择[J]. 沈阳工业大学学报(社会科学版), 2013, 4(6): 131-134.
- [2] 邢国均,邓继跃. 2012 装备工业蓝皮书: 转型升级中的装备制造业[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012: 53-54.
- [3] 李青原,唐建新. 企业纵向一体化的决定因素与生产效率[J]. 南开管理评论, 2010, 13(3): 60-69.
- [4] 孙晓华,王韵. 技术进步与企业纵向边界——来自中国工业企业的经验证据[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(6): 128-132.
- [5] 董翔宇,王明友. 我国高技术产业竞争力评价浅析——基于垂直专业化,利润创造视角[J]. 技术与经济, 2012, 2(4): 1-5.
- [6] 李纲. 考虑垂直溢出的三级产业链纵向研发合作模型[J]. 科学学与科学技术管理, 2014, 7(35): 49-58.
- [7] 郭舒. 旅游产业链经济特征分析与市场低效探源[J]. 旅游学刊, 2014, 42(3): 18-23.
- [8] 郑方. 从纵向一体化到纵向分离——基于对立统一关系的分析[J]. 中国工业经济, 2010, 11(11): 98-108.
- [9] 王科,肖刚,周泓. 寡头竞争市场产业链纵向关系治理研究——以大型客机产业为例[J]. 科技管理研究, 2012, 32(5): 100-105.
- [10] 占明珍. 市场势力研究——来自中国汽车制造业的实证[D]: [博士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2011: 109.
- [11] 林丹明,叶会,解维敏,曾楚宏. 信息技术应用对企业纵向边界的影响——实证研究与讨论[J]. 中国工业经济, 2006, 2(1): 106-112.
- [12] 刘生龙,胡鞍钢. 交通基础设施与中国区域经济一体化[J]. 经济研究, 2011, 51(3): 72-82.
- [13] 刘秉镰,武鹏,刘玉海. 交通基础设施与中国全要素生产率增长——基于省域数据的空间面板计量分析[J]. 中国工业经济, 2010, 11(3): 54-64.
- [14] 张曙光. 论制度均衡和制度变革[J]. 经济研究, 1992, 10(6): 30.
- [15] 刘崇娜. 基于结构方程模型的中小企业技术创新影响因素分析[J]. 统计与决策, 2013, 31(23): 193-195.
- [16] 谢倩. 基于解释结构模型的影响建筑节能发展的因素研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [17] 周婕,曾诚,王玲玲. 基于解释结构模型法的太湖水华爆发要素分析[J]. 环境污染与防治, 2009, 31(5): 20-24.
- [18] 桂岚,李跃军. 基于 ISM 的公路突发地质灾害应急机制构建[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010, 21(1): 117-121.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：mse@hanspub.org