

基于复杂网络的山东汽车制造业集群实证研究

孙敏敏, 高光锐, 任俊义

(烟台大学 经济与工商管理学院, 山东 烟台 264005)

摘 要: 本文根据从《山东统计年鉴》中获取的山东省近十年来汽车制造产业相关企业的数据库, 应用复杂网络相关理论和 Pajek 软件, 从其数学统计特征度分布、平均路径长和聚集系数出发, 对山东省汽车产业进行了研究, 在复杂网络的统计特征、结构模型以及体现在网络上的动力学行为三个逐次深入的层面, 分析了在内外环境的作用下汽车制造业向更高一级形态演进优化的规律, 以期对山东省汽车产业的发展提供积极的理论支持。同时, 通过网络调查和实地考察进行了实证性分析, 得出的相关研究结果和实际情况基本相符, 对山东省汽车产业链条发展趋势预测具有一定的实际参考价值。

关键词: 复杂网络; 汽车产业; BA 无标度网络; 产业集群

中图分类号: F273.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2009)09-0125-05

1 山东省汽车产业现状

山东作为全国主要经济大省, 其汽车制造业长期以来一直不瘟不火。经过几年的加速发展, 山东汽车制造业后来居上, 汽车大省的雏形已现。山东汽车产业集群效应逐步显现。

“十五”以来, 山东省汽车产业在全国同行业的综合经济指标已经由 2000 年的第七位上升到 2007 年的第三位。山东汽车工业总产值由 2000 年的 4.06 万辆增至 2007 年的 73.31 万辆, 年均增长 52.59%; 工业增加值由 49.9 亿元增至 291.46 亿元, 年均递增 36.44%; 利润总额由 8.6 亿元增至 143.81 亿元, 年均递增 56.87%。这样的发展速度, 在山东汽车工业 50 年的发展历史上是空前的, 如图 1 所示。

山东汽车行业已经形成了商用车、乘用车、摩托车以及发动机、零部件等全系列、多品种、较为完整的研发和制造体系。截至 2007 年底, 全省共有汽车企业 750 余家, 拥有总资产 1200 多亿元, 职工 22.5 万人。目前山东已形成中国重汽、东岳汽车、一汽青岛等几家大型汽车企业集团, 汽车大省的雏形已现。汽车工业是山东省七大产业链之一。近年来, 济南市的重型卡车及配套, 青岛的中重型载货车、专用车及配件, 潍坊的柴油机及配件, 济宁的改装车及配套, 都形成了区域产业集群。

1.1 山东省汽车行业的运行特点

1) 产销保持强劲增长势头, 产品结构进一步优

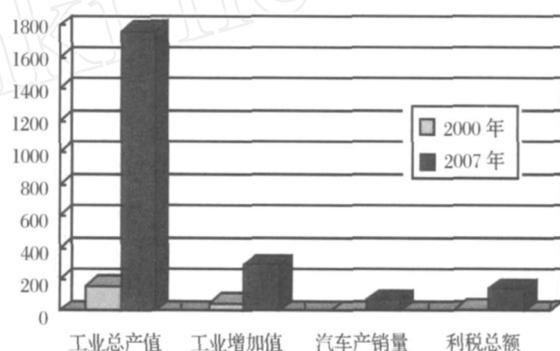


图1 山东汽车工业情况汇总表

资料来源: 山东汽车行业协会公布的数据。

化。

2007 年全省完成汽车产销 73.31 万辆和 73.23 万辆, 同比分别增长 48.3% 和 47.2%, 具体各车型产量见表 1。截至 2007 年底, 全省汽车保有量达到 531.66 万辆, 仅次于广东省, 居全国第二位。山东省已经成为国内商用车重要的生产基地, 重型商用车是我省汽车工业的优势产品。

2) 经济效益大幅度增长, 运行质量进一步提高。

2007 年全省汽车行业实现主营业务收入增加额 621.7 亿元。实现利润 97.61 亿元, 同比增长 65.8%。从利润构成的情况看, 汽车整车企业实现利润 41.8 亿元, 同比增长 53.1%; 发动机企业实现利润总额 35.9 亿元, 同比增长 75.1%。两者合计占全省汽车行业利润的 79.6%。重点企业健康发展对全省汽车行业的贡献度最大。全行业主营业务

收稿日期: 2009-08-18

基金项目: 山东省社会科学规划研究项目 (07CjGZ22); 山东省自然科学基金项目 (Y2007H18)

作者简介: 孙敏敏 (1985—), 山东滨州人, 烟台大学经济与工商管理学院 08 级企业管理专业研究生, 研究方向: 产业集群、复杂网络; 高光锐, 烟台大学经济与工商管理学院教授, 硕士生导师, 研究方向: 组织与战略管理; 任俊义, 烟台大学经济与工商管理学院副教授, 研究方向: 经济与产业管理。

收入超过 10 亿元以上的企业有 16 家,利润过亿元的企业有 10 家。

表 1 2007 年各车型产量一览表

车型 产量	乘用车	商用车	重型商用车	轻型汽车	专用车
山东(万辆)	16.6	56.7	13.84	33.59	10.45
全国(万辆)	638.46	250.11	40.51	112.3	70
占百分比(%)	2.6	22.67	34.16	29.91	14.93

资料来源:山东汽车行业协会公布数据

3) 汽车产业结构进一步优化,整体竞争实力不断增强。

2007 年全省有 7 家汽车企业的产品获“中国名牌”产品称号,是历年获此殊荣最多的一年。到目前,山东汽车行业拥有“中国名牌”10 个,位居全国同行业第二;拥有“中国驰名商标”5 个,位居全国同行业第三;拥有出口基地企业 23 家,位居全国同行业第二;拥有各项专利 1762 项,名列全国同行业前列。

1.2 山东汽车产业存在的问题

目前,山东省的汽车产业仍处于发展中期,汽车工业有了一定基础,但整车产品中缺少真正上规模的轿车、零部件产品中缺关键总成件,离集成化、模块化供应相距遥远,汽车电子产品几乎空白;更多的汽车贸易、服务、物流以及产品的上下游延伸还有待于扩展从总体看,还存在缺乏统一规划、生产集中度低,企业研究开发能力弱、产品技术含量低,零部件标准不统一、整车配套能力差,开放程度低、龙头企业核心竞争力不强等问题,影响和制约了汽车产业的进一步发展,汽车产业链有待扩展拉长。现在山东省汽车制造业的最大问题就是没有形成较长的产业链,区域产业互补性差,企业间缺乏完善的产业联系与协作,产业集群现象不明显。

为了解决这样的问题,我们根据复杂网络的相关理论和 Pajek 软件,收集了山东省近年来的汽车制造业的数据资料,对产业间的关系进行了网络化的抽象,并对汽车制造企业之间关系的统计特征,如度分布、平均路径长度、聚集系数等进行了计算和分析,在对山东省内 17 市的汽车产业状况调研的基础上,构建山东省汽车产业集群复杂网络图,从复杂网络理论分析的视角分析发现其具有显著的聚类现象和 BA 无标度特性,这样可以系统的分析问题和解决问题,能够更好的为山东省汽车产业的发展提供积极的理论支持。

2 山东省汽车产业集群复杂网络

2.1 复杂网络的构建

研究表明,现实世界的网络大多都具有复杂网络系统的一般特征,这使得复杂网络不仅可以描述许多网络系统的结构形态,而且还可以作为系统结构拓扑特征的模型^[1]。作为某一特定领域相互关系的企业和机构在地理位置上集中的现象,产业集群具有地理接近性和关系接近性两个重要特征。Powell 和 Gordon 等认为,与块状经济和经济地理侧重地理接近性的研究不同,当前集群研究更加关注建立在地理接近性关系上的关系接近性,集群被理解作为一种超越企业的网络组织^[2]。

通过对山东省公布的统计年鉴、山东省汽车行业协会公布的企业基本情况、利用互联网上得到的企业资源信息,我们进行了较为完善的资料信息的整理和处理。得到的信息主要包括如下特征:企业的名称、企业的规模、主要业务、具体的地理位置、主要关系往来等,对这些信息进行整理处理分析后,得到了一个拥有 415 个节点和 440 条边的复杂网络。利用 Pajek 软件绘制出山东省汽车产业的复杂网络图,如图 2 所示。

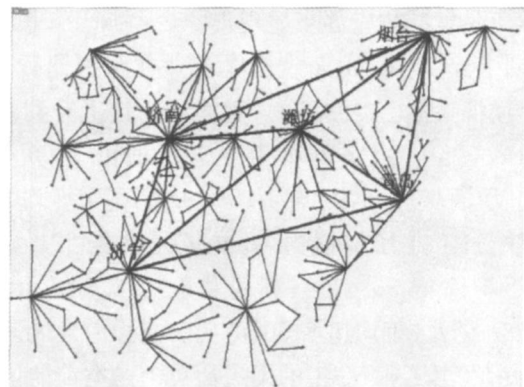


图 2 山东省汽车制造产业复杂网络图

资料来源:《山东统计年鉴》、山东汽车行业协会公布的数据。

可以看出:山东省汽车产业复杂网络形成了五个中枢节点集群区,即济南、青岛、烟台、潍坊、济宁为重要中枢节点,该链条相对稳定,彰显了较强的网络鲁棒性。济南市的重型卡车及配套,青岛的中重型载货车、专用车及配件,潍坊的柴油机及配件,济宁的改装车及配套,都形成了区域产业集群。

2.2 山东省汽车产业复杂网络数学统计特征及仿真

1) 节点度分布。

节点 i 的度 K_i 为节点 i 连接的边的总数目。所有节点 i 的度 K_i 的平均值称为网络的平均度,定义为 $\langle k \rangle$ 来表示,网络中节点的度分布用分布函数 $P(k)$ 来表示,其含义为一个任意选择的节点恰好有 k 条边的概率,也等于网络中度数为 k 的节点的个数占网络节点总个数的比值^[3]。度分布函数反映了函数系统的统计特征,图 3 显示了山东省节点的度

分布,并在 Matlab 中进行仿真,仿真结果与分析比较吻合。

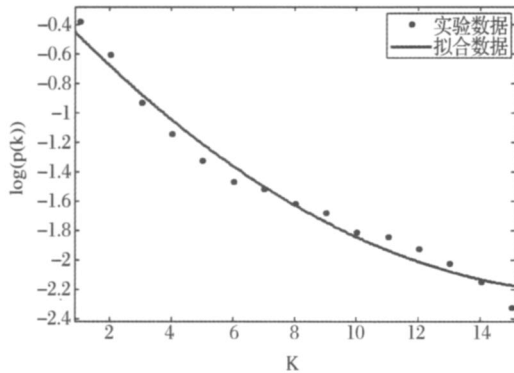


图 3 山东省汽车制造产业节点的度分布图

资料来源:《山东统计年鉴》、山东汽车行业协会公布的数据。

网络节点的度分布符合幂律分布 $P(k) \sim k^{-\gamma}$ (对充分大的 k),满足这一性质的网络称为 BA 无标度网络^[4]。大量真实的复杂网络是无标度网络,表 2 是对几种复杂网络拓扑结构之间的对比分析。

表 2 各种网络主要拓扑特征

网络类型	平均距离	聚集系数	度分布
规则网络	大	大	δ 函数
随机网络	小	小	泊松分布
WS 小世界网络	小	大	指数分布
BA 无标度网络	小	小	幂率分布

从图 3 和表 2 中,我们可以看出山东省汽车产业服从幂率分布,随着度 (K) 的不断增加,相应度的概率 $P(K)$ 逐渐减少,是典型的 BA 无标度网络模型,则相应的具有其相关特性。所有的节点都离主线较近也有所偏离,且节点均匀分布两侧。这表明山东省汽车企业分布比较均匀,与目前的发展状况相吻合。

2) 平均路径长 L 。

在由 N 个节点组成的网络中,第 i 个节点到第 j 个节点的距离定义为从节点 i 最少经过多少次连接到节点 j 这个距离 $l(i, j)$ 叫做最短路径, $L_{\min}(i) = 1/N \sum_{j=1}^N l(i, j)$ ^[3]。网络的平均路径长 l 是所有节点对之间距离的平均值。为了找出山东省汽车产业复杂网络中任意两个节点间的平均路径长,运用 Pajek 软件得到节点的平均路径长并通过 Matlab 软件进行仿真,得到了连通网络图平均路径长分布,如图 4 所示。

3) 度与聚集系数 (C) 的相关性。

集群系数 C 定义为一个节点的相邻节点也可能是彼此的相邻节点。对于一个节点 i 的集群系数定义为: $C(i) = 2E(i) / K_i \times (K_i - 1)$ ^[3]。运用 Pajek 软件求出整个山东省汽车产业网络的聚集系数

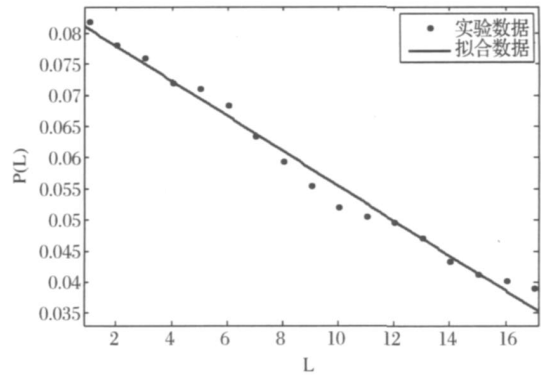


图 4 山东省汽车制造产业网络平均路径长分布

资料来源:《山东统计年鉴》、山东汽车行业协会公布的数据。

$C = 0.0350$ 。图 5 显示了节点度与相应的聚集系数的相关性,其中 $C(k)$ 是度为 K 的节点的聚集系数的平均值。很显然,节点度大的节点具有较大的聚集系数。

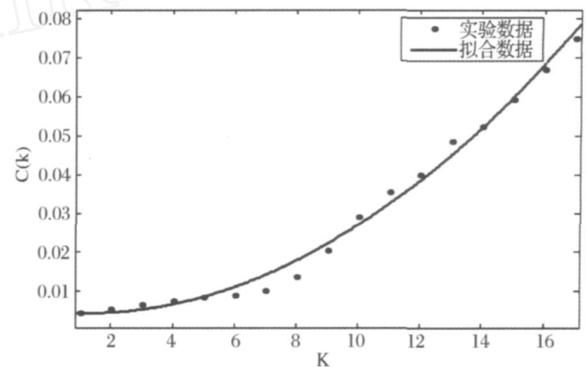


图 5 山东省汽车制造产业网络度与聚集系数关系分布

资料来源:《山东统计年鉴》、山东汽车行业协会公布的数据。

3 山东省汽车产业集群复杂网络演化分析

复杂网络理论的分析方法来对产业集群网络进行的分析主要是通过分析网络节点的紧密程度、中心势、结构对等性等网络特征指标,来分析网络结构及其演化特点。这里对产业集群复杂网络的分析也是采用以上指标来进行。

衡量网络的密集程度的指标有网络密度、集聚程度、平均距离。网络密度大的产业集群网络,有利于集群内部的企业和机构形成一致的行为,有利于集群内部分工和协作的加深和资源的整合与共享,有利于集群规范、权威和制裁机制的建立和维持^[5]。但是过度密集的产业集群网络同样存在着风险,影响集群内部的企业与集群外部进行资源和信息的流动,使集群变成一个保守和封闭的系统。会造成对外部技术能力的忽视,从而对产业集群的升级具有抑制作用。

衡量网络中心程度的指标有网络中心势。产业集群网络具有较高的中心势,说明集群内部的权力分配不平等。集群内部有对集群发展起决定性作用的核心企业。从汽车产业集群发展的状况看,核心企业是产业集群发展的一个助推器,因为核心企业都是一些资源丰富、技术先进、管理完善的企业。集群内部的中小企业与核心企业进行合作,有利于自身的发展。核心企业在与集群外的大型企业竞争的过程中,自身的技术创新和管理变革会带动整个集群向前发展。但是产业集群权力的不均匀分布,可能造成集群网络的脆弱性。一旦中心节点迁出,将造成集群整体实力大幅下降甚至崩溃^[5-6]。

从图3可见,该复杂网络的一个重要统计特征就是节点度服从幂率分布。节点度是指一个节点拥有相邻节点的数目,节点度服从幂率分布就是说具有特定度的节点数目与这个特定的度之间的关系可用一个幂函数近似表示。网络节点呈东西两个密集区域分布,具有明显的两个重要中枢节点。

通过对山东省汽车制造业的复杂网络分布分析,我们可以看出山东省汽车产业的复杂网络形成了两个重要中枢节点的集群区,网络节点呈东西两个密集区域分布,出现了明显的两个重要中枢节点。由于汽车产业在山东发展的历史成因和目前状况,已经在济南和烟台形成了明显的鲁棒和适应性网络特性^[7]。所谓明显的网络鲁棒性,即当网络中某处出现断开时,一个节点可以在网络上其它线路上寻找到达另一节点的路线,而不至于造成网络的整体中断和瘫痪。

济南这一重要中枢节点应以发展重型卡车制造为优势,成为山东省、华东地区乃至全国的重要卡车制造基地主要汽车产业,济南周边城市和重要节点城市如德州、聊城、济宁、泰安、东营、滨州等可发展与卡车相关车型和零部件制造,处于这些城市的稳健性重要节点县级市则由此带动发展为汽车零件生产和为汽车生产配套服务,其他互动关系节点发展县市和脆弱性演化关联乡镇作为网络的衍生扩展节点,从而形成山东西部的汽车制造业网络。

另一重要中枢节点烟台则以发展制造轿车为主,争取成为山东最大的轿车生产基地、全国的重要生产基地之一。烟台周边的中枢城市和重要节点城市如威海、青岛、潍坊、日照等可发展与轿车相关车型和零部件制造,处于这些城市的稳健性重要节点县级市如莱阳、蓬莱、荣成、文登、胶南等则由此带动发展为汽车零部件生产和汽车生产配套服务,其他互动关系节点发展县市和脆弱性演化关联乡镇作为网络的衍生扩展节点,从而形成胶东半岛的汽车制

造业网络,进而使其周边的互动性关系节点地区活跃起来,形成明显的节点群动力效应,形成山东省汽车产业的聚集,从而从西向东在山东形成汽车制造产业链条,带动汽车制造业的发展和竞争力的提升。

4 山东省汽车产业集群演化对策

第一,对于一般整车企业而言,要争取逐步具有全价值链的竞争力。所谓“全价值链的竞争力”就是从产品生产到销售、研发整个产品价值实现过程都具有较强的获利能力。

第二,对汽车零部件企业而言,要针对产业链、价值链中的某些环节,进一步做精、做专、做深,在某一产品、某一技术,甚至某一加工环节,具有独特的核心竞争力,从高度专业化分工中获得稳定的市场地位和利润^[8]。

第三,汽车工业中的特大企业要逐步从全产业链条的角度,考虑经营能力与策略,提高全产业链的竞争能力。所谓“全产业链的竞争力”就是不仅在本产业能够具有优势,而且能够影响上下游相关产业,例如对能源、资源供应有相当影响力,对金融有一定影响力。注重与主要产业的相关链条产业的承接、投资、研究开发等工作,采用招商、引资、合作等办法延伸相关产业链条。还要以链条的末端发展为主,这样不但能有效解决就业压力,还可以利用山东劳动力优势进行国际市场的渗透与争夺。同时对产业链条的中端和高端也要有计划的、适当比例发展,建设起比较完整的汽车产业发展链条,取得更大的经济效益,获得更大的国际竞争力。

第四,以中心节点为核心,带动周边链条效应。山东省汽车产业应以“济南、青岛、烟台、潍坊、济宁”为重要中枢节点,重点培育汽车制造产业及其零部件、汽车服务等相关产业链条,分别以中国重汽、东岳汽车等几家大型汽车企业集团等相关主要企业为龙头,带动相邻企业相关链条产业发展,建立在国内外有重要影响的汽车制造业基地。除加强对五个中心节点汽车企业进行重点扶持外,应对临沂、淄博、东营、聊城、日照这些有潜力的节点城市进行大规模建设,并以此带动其他县级市及地区的汽车产业及其零部件行业的发展。

参考文献

- [1] 车宏安,顾基发. 无标度网络及其系统科学意义[J]. 系统工程理论与实践,2004(4):11-16.
- [2] 蔡宁等. 产业集群复杂网络的结构与功能分析[J]. 经济地理,2006(3):378-382.
- [3] 刘涛,陈忠,陈晓荣. 复杂网络理论及其应用研究概述[J]. 系统工程,2005,23(6):1-6.

- [4] BARABÁSI A - L ,ALBERT R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science ,1999 ,286(10) :509-512. 清华大学出版社 ,2006 :25-78.
- [5] 李金华. 基于复杂网络理论视角的产业集群网络特征浅析[J]. 江苏商论 ,2007(1) :46-47. [7] 马骏,唐方成,郭菊娥,等. 复杂网络理论在组织网络研究中的应用[J]. 科学学研究 ,2005 ,23(2) :173-178.
- [6] 汪小帆,李翔,陈关荣. 复杂网络理论与应用[M]. 北京: 魏后凯. 产业集群的竞争优势[J]. 理论参考 ,2006(9) : 17-19.

Empirical Study on Auto Manufacturing Industrial Cluster in Shandong Province Based on Complex Network

Sun Minmin ,Gao Guangrui ,Ren Junyi

(School of Economics and Business , Yantai University , Yantai Shandong 264005 , China)

Abstract : This paper uses the data about enterprises from auto manufacturing industry in Shandong during recent decade from Shandong Statistical Yearbook ,and applies the complex network theory and Pajek software to study the characteristics of mathematics and statistics on auto industry ,such as distribution ,average path length and aggregation coefficient . And it analyzes the unified and systematic driving force mechanism on cluster structure and function from three levels including statistical characteristic ,structural model of complex network and dynamic behavior of network ,which gives an explanation on how to reach the higher evolution with the influences of internal and external environment .

Key words : complex network ;auto industry ;BA scale-free network ;industrial cluster