

石化经济系列研究(一)

石油石化企业国际竞争力比较研究 ——基于 Back Propagation 神经网络的实证分析

姜 鸿, 邱 君, 张艺影

摘 要: 借鉴传统国际竞争力评价模式, 基于企业资源、生产规模、资金管理、技术创新和社会效益等 5 大维度, 构建石油石化企业国际竞争力分析模型。对样本企业国际竞争力进行比较研究, 结果显示: 第一, 该评价方法的可信度高, 模型具有较好的普适性; 第二, 在所选取的 9 家具有代表性的石油石化企业中, 中国石油天然气股份有限公司的国际竞争力较强, 处于中等偏上水平, 中国石油化工集团公司处于中等偏下水平。因此, 我国石油石化企业要加快推进优化升级, 进一步提高资金管理效率和资金管理能力, 推动产业低碳化和智能化发展, 走可持续发展道路。

关键词: 石油石化; 国际竞争力; 神经网络模型

作者简介: 姜鸿, 经济学博士, 常州大学商学院教授、硕士研究生导师; 邱君, 常州大学商学院硕士研究生; 张艺影, 经济学博士, 常州大学商学院副教授、硕士研究生导师。

基金项目: 国家哲学社会科学基金重点项目“中国绿色贸易利益的测度及提升对策研究”(18AJL012)。

中图分类号: F222.5 **文献标志码:** A **Doi:** 10.3969/j.issn.2095-042X.2019.03.005

一、研究背景与文献综述

十九大报告提出, 建设现代化经济体系必须把发展经济的着力点放在实体经济上, 把提高供给体系质量作为主攻方向。石油石化产业是国家经济发展的基础型和支柱型产业。据中国石油和化学联合会发布的数据, 2017 年, 我国石油石化规模以上企业有 29 307 家, 主营业务收入为 13.78 万亿元, 在全国规模工业主营业务收入中占比 11.8%; 利润总额为 8 462 亿元, 在全国规模工业利润总额中占比 11.3%。我国石油石化龙头企业中国石油天然气集团公司(中石油)和中国石油化工集团公司(中石化)的营业收入分别是 3 2695 300 万美元和 32 600 700 万美元, 但营业利润却分别只有 153 800 万美元和 -69 100 万美元。埃克森美孚、雪佛龙和英国石油公司的营业利润分别是 1 971 000 万美元、919 500 万美元和 338 900 万美元。可见, 中石油和中石化虽然规模较大, 但经济实力与国外龙头企业还存在较大差距。面对激烈的国际竞争, 如何提高综合实力, 继续引领实体经济高质量发展, 是我国石油石化企业面临的重要课题。因此, 笔者试图构建中外

石油石化企业竞争力评价模型,并对样本企业进行竞争力评价,以期为我国石油石化企业国际竞争力提升提供理论参考。

国际竞争力研究主要包括理论研究和实证研究两个方面。理论研究主要包括绝对优势理论、比较优势理论、要素禀赋理论、所有权优势理论和钻石模型理论等内容。其中,钻石模型是产业或企业国际竞争力研究的权威理论。实证研究方法主要包括全要素生产率模型法、影响因素剖析法、竞争结果评价法、标杆法和指标综合评价法等。其中,全要素生产率模型法的生产率测度方法主要有指数法^[1-3]和随机边界法^[4],这类方法强调某一变量对产出增长的贡献,偏重生产率的分析,需要给出函数的某种具体形式或者提出一定的分布假设。影响因素剖析法主要包括主成分分析法^[5-7]和价值链分析法^[8]。主成分分析法借鉴降维思想,把多个指标转化成几个综合指标,主要针对具有特定线性关系的样本数据。如果样本数据不具有线性关系,就会因人为因素导致评价结果偏差。齐园等^[9]研究发现,我国两大石油石化公司与跨国公司相比还存在较大差距。价值链分析是对企业活动进行端对端的分析,主要考察企业各项活动之间的相关关系。因为企业运营活动的构成与分类存在差异,并且各环节的价值创造也存在差异,所以这种方法主要适用于企业内部。王育宝等^[10]运用钻石模型分析我国石油石化产业国际竞争力的影响因素,并应用价值链分析法解析了我国石油石化产业上游、中游、下游、辅助支持部门以及产业整体的竞争力,指出我国石油石化产业发展具有良好的资源、消费市场和劳动力基础,但技术和管理水平较低。竞争结果评价法主要运用国际市场占有率、显示性比较优势指数、贸易竞争力指数等^[11-12]指标,针对某一具体指标进行对比分析,因而在企业综合竞争能力的分析中应用较少。标杆法主要指 DEA 模型法^[13-14],此方法使用线性规划来评判各个指标的综合效应,弥补了全要素生产率模型法的不足,但忽略了测度的误差和观察值前沿面的偏差,容易产生无效率的评价结果。张旭之^[15]应用“对标法”分析了石油石化企业竞争力,并构建了包括 8 类定量指标和 6 类评议性指标的评价体系。其中,8 类定量指标包括竞争规模实力、技术创新能力、市场开拓能力、人力资源能力、持续盈利能力、偿债能力、资产营运能力和持续发展能力等。该评价体系对各类指标给出权值,但没有说明确定权值的方法,这使得评价体系缺乏科学性。指标综合评价法构建竞争力评价指标体系并对评价对象进行综合排名,具体包括模糊综合评价法^[16-17]、层次分析法^[18-19]、德尔菲法^[20-21]和人工神经网络^[22-24]。构建模糊综合评价法的权重向量应用的是专家经验法,所以结果具有较强的主观性。德尔菲法的研究样本不受数据的限制,因而在定性研究领域应用较为广泛,但它过程烦琐,且易受专家知识体系等人为因素的影响。确定层次分析法的指标体系需要依靠专家的主观评价,如果专家给出的指标不合理,则评判结果也不准确,这一点与德尔菲法类似。人工神经网络模拟信息处理技术,对人脑神经元网络进行抽象处理,并建立某种简单模型,按不同的连接方式组成不同的网络,这种方法在工程与学术界应用广泛。

当前有关石油石化企业国际竞争力的研究主要集中在定性研究方面,实证研究相对较少。笔者综合评估各种研究方法的优劣,最终选择 Back Propagation 神经网络作为研究方法。Back Propagation 神经网络运用严格的数学论证和完善的数学分析系统,把现实世界的问题与人脑思维科学系统地联系起来,一方面弥补了全要素生产率模型法、影响因素剖析法、竞争结果评价法和对标法等分析方法的不足,另一方面避免了层次分析法和主成分分析法等人为主观因素对评价结果的影响,使评价分析结果更加客观与准确。

二、研究设计

（一）样本选择与数据来源

结合美国《石油情报周刊》公布的世界石油石化企业排名数据，考虑样本的典型性和数据的完整性，最终选择壳牌（Shell）、埃克森美孚（Exxon）、英国石油公司（BP）、道尔达（Total）、雪佛龙（Chevron）、巴西国家石油公司（Petrobras）、挪威国家石油公司（Statoil）、中石油（CNPC）、中石化（Sinopec）等 9 家石油石化企业作为研究样本。数据来源于 2008—2017 年中外石油石化企业年报、中国石油和化学联合会网站、国务院发展研究中心信息网和世界贸易组织官方网站等。

（二）指标体系的设计

目前国际竞争力评价指标选择没有统一标准。譬如：IMD《世界国际竞争力年鉴》选择生产率、劳动成本与劳动报酬、公司运营与管理效率、企业文化等作为竞争力指标；WEF《全球竞争力报告》选择产品质量、市场营销、激励机制、成本消减、管理人员素质、反应速度等作为竞争力指标；PIW《石油情报周刊》选择原油储产量、天然气储产量、炼制能力以及油品销售量等 4 个竞争力指标进行评价排名，还参考总收入、净利润、总资产、职工人数等指标对排名进行分析。笔者建立石油石化企业国际竞争力评价指标体系时，着重考虑以下几个方面的影响。第一，我国石油石化企业的总体规模已达到世界级水平，但资源的地域分布不均衡，因此，资源要素是竞争力分析的关键因素之一。第二，随着经济全球化进程的加快，资本聚集、产业集中和市场垄断的程度越来越高，跨国石油石化公司寡头主导型竞争将成为国际石油石化竞争的主要形式，因此，生产规模是竞争力评估的关键因素之一。第三，石油石化产业国际竞争力受到国家体制的影响，企业利用种种竞争优势做好经营管理，是企业经营战略的关键。第四，石油石化企业是技术密集型企业，技术发展和创新是公司保持世界领先地位的重要保证之一。第五，石油石化产业是基础性产业，在创造经济效益的同时，也创造社会效益。基于这些考虑，笔者构建了石油石化企业国际竞争力评价指标体系（见表 1）。

（三）研究方法选择

选用 Back Propagation 神经网络作为研究方法的原因主要有两个。第一，在避免人为因素影响和综合多个因素的能力方面，Back Propagation 神经网络具有不可替代的优势。第二，Back Propagation 神经网络模拟人类神经系统，学习和存储了大量映射关系。在具体应用中，这些映射关系

表 1 石油石化企业国际竞争力评价指标体系

一级指标	二级指标	X_i /单位
资源潜力要素	原油储量	X_1 /百万桶
	天然气储量	X_2 /十亿立方英尺
	油气总储量	X_3 /百万桶油当量
生产规模要素	原油产量	X_4 /（千桶/日）
	天然气产量	X_5 /（百万立方英尺/日）
	油气总产量	X_6 /（千桶油当量/日）
	成品油销售	X_7 /（千桶/日）
资金管理要素	总资产	X_8 /百万美元
	平均占用资产回报率	X_9 /%
	资本支出	X_{10} /百万美元
	销售收入	X_{11} /百万美元
技术创新要素	净利润	X_{12} /百万美元
	操作成本	X_{13} /（美元/桶油当量）
	一次加工能力	X_{14} /（千桶/日）
社会效益要素	员工人数	X_{15} /人
	加油站数量	X_{16} /座

无须被事先揭示或描述。Back Propagation 神经网络也无须具有某种具体形式的函数或必须给出一定的分布假设,所以,局限性比较小。

三、实证分析

(一) 模型构建

Back Propagation 神经网络是一种运算模型,由大量的节点(或称神经元)相互连接构成。每个节点代表一种特定的输出函数(激励函数)。每两个节点间的连接是通过加权值来实现的,这和人工神经网络的记忆非常相似。网络的输出依照网络的连接方式(权重值和激励函数)的不同而不同。如图 1 所示,Back Propagation 神经网络模型由 3 个层次构成,分别是输入层(input layer)、隐含层(hidden layer)和输出层(output layer),层层之间有两种信号在流通,分别是前向传播的工作信号和反向传播的误差信号。

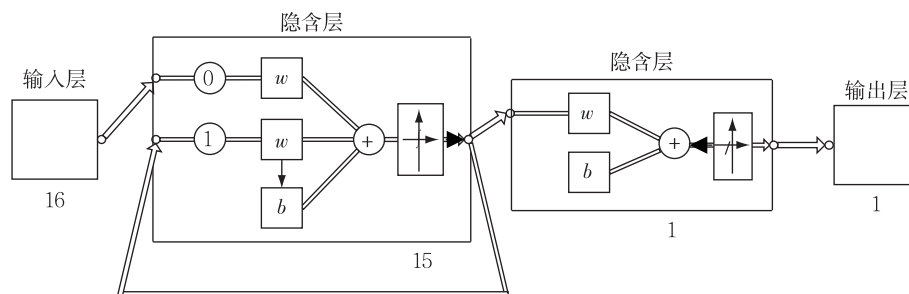


图 1 神经网络模型

(二) 模型参数结果

神经网络模型的输入层有 16 个神经元。输出层有 1 个神经元。隐含层神经元的个数过多会延长训练时间,过少会导致容错性较差等问题。假设, h 为隐含层神经元个数, c 是介于 1 至 10 之间的常数, m 为输入层神经元个数, n 为输出层神经元个数,则由经验公式 $h = c + \sqrt{(m + n)}$ 计算出隐含层神经元个数在 5 至 20 之间。因此,可以假定隐含层神经元个数为 5、10、15、20,设定最大训练次数为 2 000。由 MATLAB 运行结果来看,经过 2 000 步的训练,网络输出误差为 0.000 012 752,达到 10^{-4} 数量级。隐含层神经元个数为 5、10、15、20 时的平均误差分别为 -0.086 7、0.157 5、-0.259 3 和 -0.137 8。综上,我们选择平均误差最小的个数 15。

Back Propagation 算法的实质是求导,网络传递函数必须具有可微的特点,因此可选择的范围相对较小。满足这一特点的网络传递函数包括对数函数、正切函数和线性函数。因此,确定网络隐含层和输出层的传输函数分别为 logsig 和 purelin。训练函数的选择是 Back Propagation 神经网络模型的关键,可应用 Elman 模型算法原理逐个比较分析 TRAINLM、TRAINGDM、TRAINRP、TRAINGD 和 TRAINCGF 函数,通过 MATLAB 得到各自训练的网络误差曲线和网络仿真曲线,最终汇总结果见表 2。TRAINLM 和 TRAINGDM 的收敛精度较弱,而 TRAINRP、TRAINGD 和 TRAINCGF 函数的收敛精度均较强,为 10^{-5} 。不同的是,迭代次数分别为 728、1 994 和 207。迭代次数与网络可靠性具有一定的线性关系,TRAINGD 函数应用自适应学习率和动量因子的梯度递减法,避免 Back Propagation 神经网络模型的网络输出陷入局部极小

值状态，也回避收敛速度慢问题。

表 2 训练函数的结果比较

函数	算法	迭代次数	精度
TRAINLM	Levenberg-Marquardt 法	3	10^{-4}
TRAINGDM	有动量的梯度下降法	2 000	10^{-2}
TRAINRP	弹性梯度下降法	728	10^{-5}
TRAINGDY	自适应学习率和动量因子梯度递减法	1 994	10^{-5}
TRAINCGF	Fletcher-Reeves 共轭梯度法	207	10^{-5}

（三）模型的仿真测试结果

用 2016 年数据作为测试数据，检验训练出神经网络模型的仿真度，结果显示：在网络训练 43 步之后，训练误差达到期望误差。这说明网络的收敛效果较好，即该评价方法可信度高，模型具有较好的泛化能力。

（四）竞争力结果及分析

借助 MATLAB 软件，对 2017 年 9 家石油石化企业数据进行归一化处理并调用已训练好的模型，得到运行结果（见表 3）。石油石化企业国际竞争力排名从高到低依次是壳牌、埃克森美孚、中石油、英国石油公司、中石化、道尔达、雪佛龙、巴西国家石油公司、挪威国家石油公司。中石油和中石化国际竞争力排名分别是第三和第五，国际竞争力综合评价值分别为 1.883 和 1.613。巴西国家石油公司的国际竞争力综合评价值为 0.879，挪威国家石油公司的国际竞争力综合评价值为 0.696。与这两家公司相比，中石油和中石化存在一定优势。壳牌的国际竞争力综合评价值为 2.380，埃克森美孚的国际竞争力综合评价值为 2.168。与这两家公司相比，中石油和中石化的竞争力有待加强。

表 3 全球主要石油石化企业国际竞争力评价结果

公司	Shell	Exxon	CNPC	BP	Sinopec	Total	Chevron	Petrobras	Statoil
总评价值	2.381	2.168	1.883	1.864	1.613	1.475	1.373	0.879	0.697
排名	1	2	3	4	5	6	7	8	9

从资源潜力、生产规模、资金管理、技术创新、社会效益等 5 个角度，对比分析中外石油石化企业竞争优劣势。

在资源潜力方面，埃克森美孚的原油储量将近是中石化的 10 倍。与中石化相比，中石油的原油储量较多，但也不及埃克森美孚的一半（见表 4）。在天然气储量方面，中石油居于中上位置，仅次于埃克森美孚。从油气总储量来看，埃克森美孚、中石油和壳牌为 24 515、22 209 和 13 233 百万桶油当量，可见在资源潜力方面，中石油竞争力相对较强。

在生产规模方面，英国石油公司、壳牌和中石油的油气总产量分别为 3 513、3 142 和 3 628 千桶油当量/日，但三家企业成品油销售量分别为 5 679、6 322 和 2 723 千桶/日（见表 5）。对比这三组数据可知，壳牌的油气总产量最低，成品油销售量最高，而中石油却相反。

表 4 资源潜力要素

X_i /单位	Exxon	BP	Shell	Chevron	Total	Statoil	Petrobras	CNPC	Sinopec
X_1 /百万桶	26 256	10 182	5 697	6 577	4 830	2 285	11 222	10 730	2 833
X_2 /十亿立方英尺	70 553	43 734	43 768	27 369	29 843	17 468	12 223	67 765	6 802
X_3 /百万桶油当量	24 515	17 745	13 233	11 139	11 132	5 398	13 693	22 209	4 028

表 5 生产规模要素

X_i /单位	Exxon	BP	Shell	Chevron	Total	Statoil	Petrobras	CNPC	Sinopec
X_4 /（千桶/日）	2 296	2 189	1 411	1 777	1 258	1 562	2 115	2 474	897
X_5 /（百万立方英尺/日）	11 187	7 679	9 006	5 099	5 711	5 745	2 662	6 888	1 459
X_6 /（千桶油当量/日）	4 165	3 513	3 142	2 627	2 305	2 728	2 595	3 628	1 140
X_7 /（千桶/日）	6 213	5 679	6 322	2 958	3 431	1 970	3 523	2 723	3 568

在资金管理方面，埃克森美孚、英国石油公司、中石油、中石化平均占用资产回报率分别为 0.20%、0.19%、0.08%、0.09%，中国石油石化企业的平均资产回报率普遍偏低（见表 6）。这与我国石油石化企业只存在局部竞争，以垄断占主导地位的特点有必然关系。高度垄断的市场机制导致企业资源效率较低，许多技术含量并不高的产品设备仍然依赖进口，自主研发的新产品无法及时推广应用。石油石化生产工艺过度求稳也限制了生产实践的创新力度。

表 6 资金管理要素

X_i /单位	Exxon	BP	Shell	Chevron	Total	Statoil	Petrobras	CNPC	Sinopec
X_8 /百万美元	307 720	272 709	328 109	217 362	211 204	124 520	252 331	304 375	180 319
X_9 /%	0.20	0.19	0.11	0.15	0.15	0.11	0.07	0.08	0.09
X_{10} /百万美元	34 263	26 334	33 712	30 779	27 478	17 868	37 845	43 236	20 694
X_{11} /百万美元	396 304	325 575	397 404	207 012	231 582	98 370	123 849	275 218	346 219
X_{12} /百万美元	32 769	11 665	18 897	18 970	14 290	6 031	10 026	20 112	10 734

在技术创新方面，中石油和中石化的操作成本普遍高于另外几家石油石化公司。中石化与埃克森美孚的一次加工能力处于优势地位，分别是 4 765 和 4 955 千桶/日，但中石油却远远落后于这个水平，仅为 2 639 千桶/日（见表 7）。

表 7 技术创新要素

X_i /单位	Exxon	BP	Shell	Chevron	Total	Statoil	Petrobras	CNPC	Sinopec
X_{13} /（美元/桶油当量）	9.82	7.04	11.76	11.36	20.27	7.43	12.94	11.44	15.61
X_{14} /（千桶/日）	4955	2283	3374	1837	2217	316	2126	2639	4765

在社会效益方面，中石油和中石化的员工人数相比其他石油石化公司来说均较多，并且，中石化和中石油的加油站数量分别位居第一位和第二位（见表 8）。作为能源与化工行业的全球领先企业，中石油和中石化在追求经济效益的同时十分注重社会效益。

表 8 社会效益要素

X_i /单位	Exxon	BP	Shell	Chevron	Total	Statoil	Petrobras	CNPC	Sinopec
X_{15} /人	78 375	79 550	95 625	59 568	96 819	25 290	78 825	533 889	366 874
X_{16} /座	23 387	20 363	43 571	18 514	15 950	2 168	7 820	19 166	28 962

四、结论与启示

构建石油石化企业国际竞争力评价模型，并应用 MATLAB 软件进行模型训练和仿真测试，研究结果显示模型具有较高的可信度。在所选取的 9 家中外石油石化企业中，中石油的国际竞争力较强，中石化居于中下位置。总体来说，我国石油石化企业在资金管理、生产运营和技术创新等方面仍存在一定提升空间。

（一）提高资金管理效率和管理能力

创建石油石化企业以财务为核心的全面预算管理体系，优化石油石化资源配置方案，实现石油石化企业高效运行的生产目标。推进我国石油石化企业股份制改革，通过主辅分离来提高运营效率，通过管理过程再设计来精简管理人员队伍，进一步解决企业缺乏改革和创新自主权的问题。

（二）促进石油石化企业产业链发展

完善以智能制造和创新驱动为核心的石油石化企业发展规划，促成产业链规范化和高质量发展。一是促进石油石化产业智能油气田、智能工厂、智能化管线链条式发展；二是积极提升石油石化产业信息融合能力，大力推进以 ERP 为核心的经营管理平台建设，搭建以 MES 为核心的生产运营平台、信息基础设施、运维平台等；三是大力推进智能石油石化试点、经营管理平台集中集成、IT 共享服务中心、移动应用等 4 项示范工程建设，提高我国石油石化产业链信息化水平。

（三）提高研发创新能力

建立由企业、高校、科研机构组成的产学研联盟，加强石油石化专业基础教育，定向培养石油石化产业技术研发人才。建立技术、产权、交易、融资、企业等多方联合发展的石油石化产业技术交易平台，提高我国石油石化产业技术革新和研发创新水平，提升我国石油石化产业革新能力。

（四）推动我国石油石化产业“走出去”和“引进来”

进一步优化我国石油石化产业结构，推进石油石化企业与周边国家的合作交流，推动我国石油石化企业国际化发展。一是加大对外直接投资，二是充分吸引和利用外资。加大海外投资的具体做法是：建立海内外投资的宏观管理体制，完善海外投资相关政策，改善海外投资立法相对滞后和政策透明度不高的局面；完善对外投资风险防范体系，成立监督评估专门机构，对企业“走出去”的情况进行后期的管理和监督，避免“只审不管”的局面；建立有效的保障机制，充分利用我国与其他国家、地区建立起来的多双边和区域合作机制，保障我国石油石化企业在海外投资的合法权益。在与外国石油石化企业合作过程中，我国石油石化企业可通过人员流动、信息扩散等途径来获取先进技术知识，并通过自主研发实现产品技术溢出，提高产品技术含量，改善我国

石油石化产品频繁遭遇反倾销调查的现状。

(五) 打造我国石油石化产业国际品牌

充分发挥国际联络优势,巩固和拓宽对外联络渠道。一是成立我国石油石化国际品牌小组,着力打造石油石化产业国际品牌。围绕我国石油石化国际品牌建设这一中心,积极参与国际商会,寻求海外发展机会。二是优化我国石油石化产业市场操作模式,重点培育一批石油石化产业龙头企业,通过龙头企业推动产业国际化发展。三是打造我国石油石化产业国际标准认证平台,建立质量标准保障机制,提供产品质量控制参照体系,从而为打造石油石化产业国际品牌提供更有力的保障。

参考文献:

- [1] CHITSAZ N, HOSSEINI-MOGHARI S M. Introduction of new datasets of drought indices based on multivariate methods in semi-arid regions [J]. Hydrology research, 2018, 49 (1): 266-280.
- [2] 任保全. 技术创新、市场需求与石油石化产业生产率动态演变——基于江苏上市公司的 Malmquist 指数法 [J]. 常州大学学报 (社会科学版), 2017, 18 (6): 89-99.
- [3] 叶萌, 祝合良, 孙鹏. 我国批发和零售企业全要素生产率增长的时序变化和个体差异——基于 DEA-Malmquist 指数法的实证分析 [J]. 中国流通经济, 2017, 31 (11): 112-121.
- [4] 唐元琦, 邓翔. 产业间信用风险的测算 [J]. 统计与决策, 2011 (16): 139-141.
- [5] SONAWANE S A, KULKARNI M L. Optimization of machining parameters of WEDM for Nimonic-75 alloy using principal component analysis integrated with Taguchi method [J]. Journal of king saud University-engineering sciences, 2018, 30 (3): 250-258.
- [6] 史学飞, 孙钰, 崔寅. 基于熵值-主成分分析法的天津市低碳经济发展水平评价 [J]. 科技管理研究, 2018, 38 (3): 247-252.
- [7] 朱俊伟, 姜国刚, 阮婉妮, 等. 技术创新背景下江苏石化产业绿色竞争力评价 [J]. 常州大学学报 (社会科学版), 2017, 18 (3): 59-68.
- [8] 黄益, 侯建明. 基于价值链分析法的中小企业技术创新审计框架浅探 [J]. 科技管理研究, 2015, 35 (6): 206-210.
- [9] 齐园, 胡孝宝, 王宇奇. 我国石油企业综合竞争力的比较分析 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2002, 7 (3): 103-106.
- [10] 王育宝, 吕璞. 中国石油石化产业国际竞争力分析 [J]. 资源科学, 2005, 27 (6): 2-10.
- [11] 赵东麟, 桑百川. “一带一路”倡议下的国际产能合作——基于产业国际竞争力的实证分析 [J]. 国际贸易问题, 2016, 42 (10): 3-14.
- [12] 王卫星, 许钰瑕, 朱学义, 等. 经济新常态下石化企业发展战略现定位研究 [J]. 常州大学学报 (社会科学版), 2017, 18 (1): 42-45.
- [13] 毛培, 刘沛罡, 赵金龙. 后危机时期的中国工业部门产能过剩测度——基于数据包络分析法 [J]. 工业技术经济, 2017, 36 (11): 96-103.
- [14] 查建平, 李志勇. 资源环境约束下的中国经济增长模式及影响因素 [J]. 山西财经大学学报, 2017, 39 (6): 1-14.
- [15] 张旭之. 用“对标”方法分析石油石化企业竞争力 [J]. 中外企业文化, 2002 (15): 7-9.
- [16] FU H P, CHANG T H, LIN A, et al. Applying FSE to enhance customer value by improving store image in different consumer groups [J]. Total quality management & business excellence, 2017, 28 (5-6): 481-500.
- [17] 陈晓红, 杨志慧. 基于改进模糊综合评价法的信用评估体系研究——以我国中小上市公司为样本的实证研究 [J]. 中国管理科学, 2015, 23 (1): 146-153.
- [18] 赵红梅, 王晋剑, 江崇莲. 基于网络层次分析法的区域科技资源集聚能力评价 [J]. 科技管理研究, 2016, 36 (23): 63-73.
- [19] 毛良虎, 姜莹. 江苏光伏产业创新与企业绩效的耦合协调度研究 [J]. 常州大学学报 (社会科学版), 2016, 17 (3):

65-71.

- [20] FUNG L Y, DOWNEY K, WATTS N, et al. Barriers to collaborative anesthetic care between anesthesiologists and nurses on the labour and delivery unit: a study using a modified delphitechnique [J]. *Obstetric anesthesia digest*, 2017, 64 (8): 836-844.
- [21] 张冬梅. 德尔菲法的运用研究——基于美国和比利时的案例 [J]. *情报理论与实践*, 2018, 41 (3), 73-77.
- [22] 肖斌卿, 杨旸, 李心丹, 等. 基于模糊神经网络的小微企业信用评级研究 [J]. *管理科学学报*, 2016, 19 (11): 114-126.
- [23] 徐知渊, 吕昌河. 长三角城市旅游产业竞争力综合比较研究——基于 AHP 法与 BP 人工神经网络模型 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27 (S1): 237-240.
- [24] 张立. 中外石油企业国际竞争力对比 [J]. *经济管理*, 2006, 28 (7): 84-86.

A Comparative Study of International Competitiveness of Petroleum and Petrochemical Enterprises

— An Empirical Study Based on Back Propagation Neural Network Model

Jiang Hong, Qiu Jun, Zhang Yiyang

Abstract: Referring to the traditional international competitiveness evaluation mode and based on five dimensions, namely, enterprise resources, production scale, capital management, technology and innovation and social benefits, an evaluation mode of petroleum and petrochemical enterprises' international competitiveness is constituted. Comparing the international competitiveness of sample enterprises, it demonstrates that, first of all, the evaluation method has high credibility and the model has good universality; second, among the nine representative petroleum and petrochemical enterprises, China National Petroleum Corporation has strong international competitiveness and is at a medium-to-high level while China Petrochemical Corporation is at a medium-to-low level. Therefore, it is suggested that petroleum and petrochemical enterprises in China should accelerate the optimization and upgrading, further improve the efficiency and management ability of capital management, promote green and intelligent development of the industrial chain and take the road of sustainable development.

Keywords: petroleum and petrochemical; international competitiveness; neural network model

(收稿日期: 2018-09-28; 责任编辑: 沈秀)