

结合研发转化过程的智能汽车企业运营效率评价

尤建新^{1,2}, 徐涛¹, 俞安愚²

(1. 上海大学 管理学院, 上海 200444; 2. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 将智能汽车企业运营分为研发转化和生产经营两个阶段进行效率评价。选取上海、深圳证券交易所上市的 24 家智能汽车概念板块公司, 采用二阶段数据包络分析模型, 从多年度和多企业类型角度分别对 2010~2015 年智能汽车企业运营效率进行分析。基于多年度视角分析表明, 2013 年企业研发转化效率略有下降, 在 2014 与 2015 年其呈现上升趋势, 生产经营效率较为稳定。研究发现, 企业整体运营综合效率与研发转化效率存在显著相关性。基于企业类型视角分析表明, 企业研发效率较低, 说明多数企业与标杆企业相比存在差距, 尤其是在智能决策和网络信息领域; 而生产经营效率均较高。通过投影分析发现, 企业研发投入结构不合理、研发人员能力参差不齐是主要原因。

关键词: 智能汽车; 数据包络分析; 运营效率; 研发转化

中图分类号: F27

文献标志码: A

Evaluation of Operational Efficiency with the Consideration of Corresponding Innovation Process for Companies in Intellectual Vehicle Industry

YOU Jianxin^{1,2}, XU Tao¹, YU Anyu²

(1. School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Research and innovation play an important role in development of high-tech companies. With the consideration of innovation process, this paper divides the operation of intelligent automobile enterprises into two stages by data envelopment analysis (DEA) analysis, i. e., stages of innovation process and production process. This paper measures the operational efficiency considering corresponding innovation process for companies in intellectual vehicle industry. Efficiencies of 24 related public companies are estimated by a two-stage DEA model during 2010~2015. The

conclusions of the study that the efficiency of the innovation stage decreased slightly in 2013 and shows an increasing trend between 2014 and 2015. The efficiency of operation stage keeps constant. It is discovered that the comprehensive efficiency of enterprises is more relevant to innovation efficiency in the correlation analysis. Compared with the efficiencies of operational stage, innovation efficiency for each company is quite low, which indicates that there is still a huge gap between the benchmarking enterprises and other enterprises, especially for the companies of manufacturing advanced driver assistant system, automatic control and operating system. Moreover, the unreasonable funding and lack of R & D capability are the main reasons for the low efficiency of the innovation process.

Key words: intellectual vehicle industry; data envelopment analysis; operational efficiency; innovation transformation

智能汽车指搭载传感器、控制器、执行器等装置, 具备环境感知、智能决策、自动控制功能, 并融合现代通信与网络技术的安全、高效、节能的新一代汽车^[1]。近年来, 我国智能汽车产业政策相继出台。2015 年《中国制造 2025》发布, 将智能网联汽车作为重点发展方向; 2016 年中国汽车工业协会发布《“十三五”汽车工业发展规划意见》, 将智能汽车作为汽车工业主要变革方向之一。

为促进智能汽车产业的兴盛与发展, 合理评价该类企业运营效率, 寻找其运营不足尤为重要。作为高技术企业, 研发转化是高技术企业运营的关键过程。相关研究有, 张景安^[2]、陈伟等^[3]基于高技术产业实证分析, 得出高技术产业的研发能力提升将有效提升产业运营和发展水平等。因此, 通过结合研发转化过程的智能汽车企业运营效率评价, 将有助于具体分析、了解我国智能汽车企业研发转化和生产

收稿日期: 2017-04-06

基金项目: 国家自然科学基金(71671125), 上海市软科学研究项目(16692180802), 同济大学交通运输工程高峰学科开放基金计划(2016J012303)

第一作者: 尤建新(1961—), 男, 管理学博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为管理理论与工业工程。E-mail: yjx2256@vip.sina.com

通讯作者: 俞安愚(1990—), 男, 博士生, 主要研究方向为效率评价与资源管理。E-mail: yuanyu1990yy@163.com

经营状况。

有关效率评价方法,国内外学者研究已比较成熟,其中数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)方法,作为一种非参数、全要素的绩效评估方法,被广泛运用于经济管理的各个领域研究中.企业运营效率是指企业利用掌控的资产产生经济效益的能力,即投入产出比的最佳状态. DEA 方法被广泛应用于该类绩效的评估^[4-6]. 现有研究中,采用 DEA 模型对行业运营效率评价时,结合研发转化过程的运营效率评价分析较少. 仅有的相关例子有,熊婵等^[7]将高技术产业发展分为研发和运营过程,考虑科技研发投入和经营效益.

此外,不少学者在绩效研究过程中,将评价过程视为“黑箱”,忽略系统内部特征,没有考虑其中间环节的绩效评价过程,从而失去很多信息,影响评价准确性和客观性. 为解决该问题, Fare 等^[8]在传统 DEA 模型基础上提出网络 DEA 模型,即包含两个或两个以上子系统. 该模型通过细分效率转化的不同阶段,从而进一步拓展了 DEA 效率评价所获的信息.

结合现有研究,可以发现当前对智能汽车企业的绩效状况,尤其是结合研发转化过程的绩效研究仍然较少. 本文通过二阶段 DEA 分析,结合高技术企业发展实际,将智能汽车企业运营效率评价过程分为研发转化和生产经营两个子阶段,对相关企业经营效率进行评价,有助于企业及政府部门采取行动促进产业发展. 选取在上海、深圳证券交易所上市的 24 家智能汽车概念板块公司,采用二阶段数据包络分析模型,从多年度和多企业类型角度对 2010~2015 年智能汽车企业运营效率进行分析,并通过投影分析方法,研究影响企业效率原因,一定程度拓展了二阶段 DEA 模型的应用.

1 模型介绍

DEA 方法是用于评价具有相同类型的多投入、多产出决策单元相对有效性的非参数方法,基本模型有 CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) 和 BCC (Banker-Charnes-Cooper) 模型. CCR 模型是基于规模收益不变假设,其求解的效率值(technical efficiency, TE, 以 T_E 表示)并非纯技术效率,而是包含规模效率成分. BCC 模型是在 CCR 包络模型基础上增加约束条件,从而考虑规模收益情况,因此, BCC 模型获得的效率为纯技术效率(pure technical

efficiency, PTE, 以 P_{TE} 表示), 通过比较 CCR 模型求解出的技术效率值和 BCC 模型求解的纯技术效率值可分离出规模效率值(scale efficiency, SE, 以 S_E 表示), 即 $S_E = T_E / P_{TE}$ ^[9].

本文将智能汽车企业运营分为研发转化和生产经营两个阶段进行效率评价,即第一阶段为企业研发转化过程,第二阶段为企业生产经营过程,其运营效率为两阶段综合效率.

假设有 n 个要进行评价的决策单元, $D_{MU,j}, j = 1, 2, \dots, n$; 其中每个决策单元在第一个阶段有 m 个投入指标 $x_i, i = 1, 2, \dots, m$; 第一个阶段有 t 个产出指标 $z_d, d = 1, 2, \dots, t$; 第二个阶段有 s 个产出指标, 记为 $y_r, r = 1, 2, \dots, s$.

1.1 第一阶段效率评价模型

因 BCC 模型考虑规模报酬可变, 本文将 BCC 模型作为基础模型^[10]. 第一阶段采用产出/投入作为评价指标的投入导向模型, 根据 Charnes-Cooper 变换可得第一阶段评价模型线性表达式, 即乘数模型.

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{d=1}^t \gamma_{1d} z_{dj} - \beta_1 \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{d=1}^t \gamma_{1d} z_{dj} - \sum_{i=1}^m \mu_i x_{ij} - \beta_1 \leq 0 \\ \sum_{i=1}^m \mu_i x_{ik} = 1 \\ \gamma \geq 0; \mu \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, m \\ d = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

第一阶段对偶模型, 即包络模型如下:

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_{1j} x_{ij} + s_{1+} = \theta x_{ik} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_{1j} z_{dj} - s_{1-} = z_{dk} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_{1j} = 1 \\ \lambda \geq 0; s_{1-} \geq 0; s_{1+} \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, m; d = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

式(1)~(2)中: β_1 为自由变量; θ 为效率值; μ_i, γ_{1d} 分别为第一阶段的投入、产出指标的权重系数; λ 反映 D_{MU} 的规模状态, 当 $e\lambda_{\max}^* < 1$ 时 (e 为常数), 表示 D_{MU} 规模报酬递增, 当 $e\lambda_{\min}^* > 1$ 时, 表示 D_{MU} 规模报酬递减, 除此之外为规模报酬不变; s_{1-}, s_{1+} 表示第一

阶段投入和产出的松弛变量;当 $\theta^* = 1$ 时,为 DEA 有效;当 $\theta^* < 1$ 时,为非 DEA 有效。

注:模型中右下角标注 1,2 代表第一阶段和第二阶段,下同。

1.2 第二阶段效率评价模型

第二阶段采用投入/产出作为评价指标的产出导向模型. 根据 Charnes-Cooper 变换可得第二阶段评价模型线性表达式。

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{d=1}^t \gamma_d z_{dj} + \beta_2 \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{r=1}^s \omega_r y_{rk} - \sum_{d=1}^t \gamma_d z_{dj} - \beta^2 \leq 0 \\ \sum_{r=1}^s \omega_r y_{rk} = 1 \\ \gamma \geq 0; \omega \geq 0 \\ r = 1, 2, \dots, s \\ d = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

第二阶段对偶模型,即包络模型如下:

$$\begin{aligned} \max \quad & \varphi \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_{2j} z_{dj} + s_{2+} = x_k \\ \sum_{j=1}^n \lambda_{2j} y_{rj} - s_{2-} = \varphi y_{rk} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_{2j} = 1 \\ \lambda \geq 0; s^{1-} \geq 0; s^{1+} \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, m; \\ d = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

式(3)~(4)中, β_2 为自由变量; φ 的取值为 $[1, \infty)$, 采用 $\phi = \frac{1}{\varphi}$ 为效率值; γ_d^2, ω_r 分别为第二阶段的投入、产出指标的权重系数; λ 反映 D_{MU} 的规模状态, 当 $e\lambda_{\max}^* < 1$ 时, 表示 D_{MU} 规模报酬递增, 当 $e\lambda_{\min}^* > 1$ 时, 表示 D_{MU} 规模报酬递减, 除此之外为规模报酬不变; s_{2-}, s_{2+} 表示第一阶段投入和产出的松弛变量. 当 $\varphi^* = 1$ 时, 为 DEA 有效; 当 $\varphi^* < 1$ 时, 为非 DEA 有效。

1.3 全阶段效率评价模型

对于两阶段 DEA 模型综合效率评价方法, Wang 等^[11]通过构造两阶段效率权重系数, 根据过程阶段效率, 确定全阶段效率; 曾薇等^[12]采用第一阶段投入和第二阶段产出作为投入和产出指标, 采用投入导向 DEA 模型计算. 本文中, 考虑到模型计算的一致性, 采用上述模型, 从投入角度, 以研发人

员、研发经费作为投入指标、以营业收入、专利权资产作为产出指标进行计算。

2 实证效率评价

2.1 指标体系

在运营绩效评价指标体系选择上, 多数文献选用资金、人员和固定资产作为投入, 以企业盈利水平作为产出指标^[13-14]. 本文将企业运营区分为两个阶段, 第一阶段为研发转化阶段, 以有效发明专利数量作为产出指标^[15]. 考虑专利申请数量作为知识积累, 同样可以体现研发转化效率. 因此本文中研发转化阶段投入指标为研发人员和研发经费投入, 产出指标为当期申请专利数和拥有有效发明专利数. 第二阶段为生产经营阶段, 以研发阶段科技成果和企业相关营业成本、员工数量为投入指标, 企业营业收入和专利权资产作为产出指标. 其中营业成本包括企业销售费用、管理费用、财务费用等; 从业人员数量为扣除研发人员数量的其他人员, 包括管理人员、生产人员、销售人员、服务人员等. 两阶段过程及指标如图 1 所示。

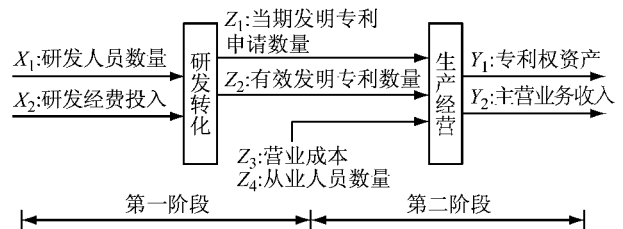


图 1 两阶段过程

Fig.1 Process of two-stage

2.2 样本数据

考虑运营绩效的整体状况与生产实际, 及我国智能汽车产业发展现状, 本文将当前智能汽车产业企业分为环境感知、智能决策、汽车整车和网络信息 4 个类型^[16]. 在效率评价时, 不同企业类型虽存在差异, 但智能汽车产业作为新兴产业, 相关企业在技术研发、企业经营均处于起步和发展阶段, 多类型企业分析将有助于了解智能汽车产业整体发展情况. 环境感知包括高精度地图和定位导航、传感器等领域; 智能决策包括自动化控制和辅助驾驶领域企业; 网络信息包括网络通信与信息系统领域企业. 考虑数据可获得性, 本文选取 2010~2015 年上海证券交易所和深圳证券交易所智能汽车板块上市企业为研究对象. 剔除数据不全、ST 股, 选取 24 家企业进行分

析,如表 1 所示,该样本企业作为智能汽车主要模块企业,对其研发、运营效率的评价将能够反映目前智能汽车企业运营状况.样本企业研发投入、运营情况数据来源于对应年份的上市公司年报,专利数据来源于中国国家知识产权局专利检索分析系统.运用 DEA 模型进行效率评价时,根据经验法则,决策单元个数应不少于投入、产出指标数和的 3 倍^[17],本文中,投入、产出(包括中间产出)数符合经验法则要求.

表 1 智能汽车样本企业

公司名称	行业	公司名称	行业
四维图新	环境感知	华域汽车	智能决策
航天科技	环境感知	金龙汽车	汽车整车
皖通科技	环境感知	福田汽车	汽车整车
启明信息	环境感知	长安汽车	汽车整车
中海达	环境感知	海马汽车	汽车整车
北斗星通	环境感知	江淮汽车	汽车整车
大富科技	环境感知	上汽集团	汽车整车
银江股份	环境感知	一汽轿车	汽车整车
保千里	环境感知	兴民智通	网络信息
亚太股份	智能决策	千方科技	网络信息
中原内配	智能决策	宝信软件	网络信息
高德红外	智能决策	大唐电信	网络信息

2.3 效率评价

为准确、客观反映智能汽车企业效率情况,本文选取 2010~2015 年企业数据,数据描述性统计如表 2 所示.采用上述评价指标和模型,首先以年份为单位,将 24 家企业分为环境感知、智能决策、汽车整车和网络信息 4 个类型进行测算,得出 2010~2015 年各个类型平均效率值.其次,以企业为决策单元,计算 2010~2015 年期间上述企业综合技术效率、纯技术效率、规模效率情况,综合技术效率指决策单元达到行业先进水平的程度,是纯技术效率和规模效率的乘积^[9].对智能汽车不同类型企业运营效率进行比较,分析效率差异原因,通过投影分析方法,确定非 DEA 有效企业投入和产出情况,研究影响企业研发转化、生产经营两阶段过程效率原因.

2.3.1 多年度分析

对单个企业年度运营指标,根据第 1 节中 DEA 模型计算,可得 2010~2015 年企业每年研发转化和生产经营纯技术效率情况,根据企业所属类型,对每个类型企业效率取均值,如表 3 所示.其中 2010~2015 年各类型企业研发转化阶段效率如图 2 所示,生产经营阶段效率值如图 3 所示,其中横坐标为年份,纵坐标为效率值.

表 2 描述性统计

名称/单位	极小值	极大值	均值	标准差
X ₁ 研发人员数量/个	55.00	7 674.00	1 598.00	1 650.00
X ₂ 研发资金投入/万元	1 220.65	837 140.43	70 108.86	135 389.13
Z ₁ 申请发明专利数量/个	0	3 408.00	229.00	494.00
Z ₂ 有效发明专利数量/个	0	8 925.00	752.00	1 434.00
Z ₃ 营业成本/万元	7 997.13	58 583 288.32	2 772 645.65	9 046 114.71
Z ₄ 从业人员数量/个	160.00	159 095.00	7 947.00	21 893.00
Y ₁ 专利资产/万元	0.97	83 744.54	10 202.28	16 626.41
Y ₂ 营业收入/万元	24 622.40	67 044 822.31	3 266 672.01	10 565 503.97

表 3 智能汽车不同类型企业年度效率值

阶段	模块	2010	2011	2012	2013	2014	2015
一阶段	环境感知	0.686	0.661	0.505	0.536	0.481	0.693
	智能决策	0.387	0.452	0.292	0.231	0.148	0.497
	汽车整车	0.555	0.522	0.547	0.574	0.454	0.477
	网络信息	0.443	0.462	0.480	0.261	0.132	0.476
	均值	0.518	0.524	0.456	0.401	0.304	0.536
二阶段	环境感知	0.852	0.847	0.868	0.813	0.847	0.838
	智能决策	0.835	0.846	0.933	0.901	0.851	0.791
	汽车整车	0.878	0.829	0.873	0.905	0.877	0.843
	网络信息	0.885	0.911	0.959	0.963	0.986	0.979
	均值	0.863	0.858	0.908	0.895	0.890	0.863

从图 2 可以看出,2010~2012 年,智能汽车上市

企业研发转化效率较为平稳,2013 年略有下降,2014 与 2015 年呈现上升趋势.对企业发展、研发投入进行分析,以及结合智能汽车产业发展进程,该结果可认为是在国外智能汽车产业快速发展的环境下,我国智能汽车企业加大研发投入,由于从研发到专利成果授权时间跨度原因,在 2012~2015 年加大研发投入,所申请专利在 2015 年获得授权数量较多,出现 2015 年产出数量增加从而效率值上升.从图 3 可以看出,智能汽车各类型企业生产经营阶段效率较高,2010~2015 年 4 个类型企业效率均值都在 0.85 以上,处于较稳定状态,说明各企业在现有研发和管理水平下,均能实现较高专利资产化和营业收入水平.

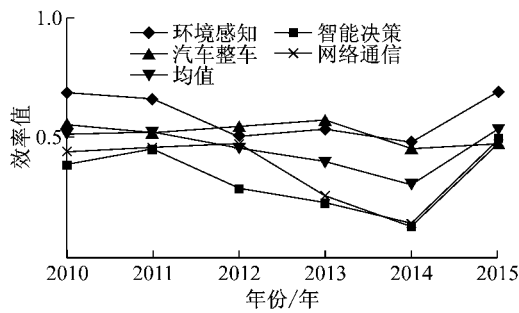


图 2 2010~2015 不同类型企业研发转化阶段效率

Fig. 2 Innovation efficiency of intelligent vehicle industry modularization across the study period

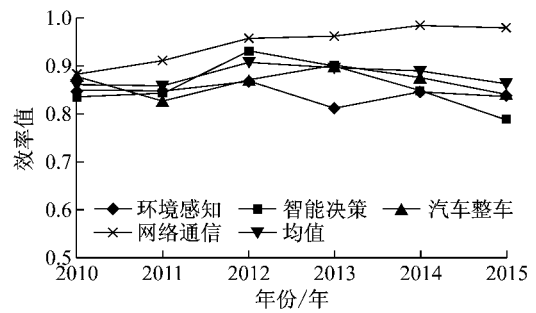


图 3 2010~2015 不同类型企业生产经营阶段效率值

Fig. 3 Operation efficiency of intelligent vehicle industry modularization across the study period

为进一步研究过程阶段对全阶段运营效率的影响关系,本文将研发阶段、转化阶段和生产经营阶段的效率与全阶段运营效率进行比较分析.通过对全阶段效率与两个过程阶段效率进行 Pearson 相关性检验,可以发现全阶段运营效率与研发转化阶段效率相关系数为 0.652,在 5%显著性水平下,存在显著相关性.与生产经营阶段无显著相关性,说明智能

汽车企业的运营效率与企业研发转化相关性较高,说明高技术产业研发转化水平是企业运营发展的关键因素.

2.3.2 多企业类型分析

根据第 1 节 DEA 模型,以及样本企业在 2010~2015 年数据,可得我国智能汽车企业研发转化阶段和生产经营阶段效率值,如表 4 所示.

表 4 样本企业效率评价结果

Tab.4 Efficiency results of the corporations

DMU	行业	研发阶段			经营阶段			全阶段		
		技术效率	纯技术效率	规模效率	技术效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	纯技术效率	规模效率
四维图新	环境感知	0.046	0.154	0.301	1.000	1.000	1.000	0.151	0.240	0.630
航天科技	环境感知	1.000	1.000	1.000	0.649	0.674	0.963	0.321	0.563	0.571
皖通科技	环境感知	0.044	0.901	0.049	0.987	1.000	0.987	0.440	1.000	0.440
启明信息	环境感知	0.031	0.352	0.087	1.000	1.000	1.000	0.530	0.696	0.761
中海达	环境感知	0.133	0.571	0.233	0.607	0.821	0.739	0.389	0.792	0.492
北斗星通	环境感知	0.397	0.692	0.574	1.000	1.000	1.000	0.887	1.000	0.887
大富科技	环境感知	0.300	0.526	0.571	0.541	0.739	0.732	0.155	0.355	0.437
银江股份	环境感知	0.125	0.601	0.208	0.957	0.974	0.983	0.470	0.789	0.596
保千里	环境感知	0.237	1.000	0.237	0.793	0.806	0.984	0.564	1.000	0.564
均值	环境感知	0.257	0.644	0.362	0.837	0.890	0.932	0.434	0.715	0.598
亚太股份	智能决策	0.114	0.365	0.313	0.816	0.821	0.994	0.500	0.675	0.741
中原内配	智能决策	0.175	0.622	0.281	0.680	0.696	0.977	0.236	0.578	0.409
高德红外	智能决策	0.039	0.413	0.096	1.000	1.000	1.000	0.291	0.596	0.488
华域汽车	智能决策	0.008	0.101	0.081	1.000	1.000	1.000	0.521	0.528	0.986
均值	智能决策	0.084	0.375	0.193	0.874	0.879	0.993	0.387	0.594	0.656
金龙汽车	汽车整车	0.013	0.111	0.116	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
福田汽车	汽车整车	0.395	1.000	0.395	0.694	1.000	0.694	0.465	1.000	0.465
长安汽车	汽车整车	0.241	0.559	0.431	0.835	1.000	0.835	0.362	0.362	1.000
海马汽车	汽车整车	0.042	0.100	0.419	0.919	0.959	0.958	0.719	0.729	0.986
江淮汽车	汽车整车	0.802	1.000	0.802	0.766	0.947	0.810	0.305	0.308	0.989
上汽集团	汽车整车	0.193	0.197	0.978	0.983	1.000	0.983	1.000	1.000	1.000
一汽轿车	汽车整车	0.573	0.872	0.657	0.941	1.000	0.941	0.767	0.780	0.983
均值	汽车整车	0.323	0.548	0.543	0.877	0.987	0.889	0.660	0.740	0.918
兴民智通	网络信息	0.034	1.000	0.034	0.955	0.990	0.955	0.355	1.000	0.355
千方科技	网络信息	0.045	0.426	0.107	0.998	1.000	0.998	0.264	0.579	0.456
宝信软件	网络信息	0.050	0.122	0.408	1.000	1.000	1.000	0.197	0.239	0.824
大唐电信	网络信息	0.282	0.395	0.712	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
均值	网络信息	0.103	0.486	0.315	0.988	0.998	0.988	0.454	0.705	0.659
均值		0.222	0.545	0.379	0.880	0.934	0.939	0.495	0.700	0.711

从表 4 可以看出,智能汽车企业研发转化技术效率均值为 0.222,主要原因在于目前规模效率较低,仅为 0.379,15 家企业在研发转化阶段技术效率处于 0.2 以下,说明多数企业与标杆企业相比仍存在差距。

在生产经营阶段,智能汽车企业纯技术效率和规模效率均处于 0.9 以上,样本企业技术效率均值为 0.88,可以看出,我国智能汽车企业在生产经营阶段的效率值高于研发转化阶段的效率值.其两阶段综合运营技术效率值为 0.495.

从智能汽车企业类型角度分析,从表 4 中各企业所属类型均值可以看出,智能决策类型企业研发转化阶段技术效率值最低,为 0.084,其次为网络信息为 0.103.智能决策类型包括辅助驾驶、自动控制等技术,属于智能汽车的核心领域,研发难度大,相关企业研发投入大,从而研发转化所得较少,即获得专利较少.从德温特数据库检索该领域专利情况,目前该领域拥有专利数量前十的公司为日本(4 家)、美国(3 家)、欧洲(2 家)和韩国(1 家)企业,因此智能决策领域技术是我国智能汽车产业发展突破的关键领域.生产经营阶段,智能决策类型企业效率值为 0.874,说明该领域企业在生产经营过程中与标杆企业差距较小.该类型企业中,华域汽车研发转化阶段效率值为 0.008,但生产经营阶段效率值为 1,作为智能汽车领域高技术企业,可以反映出目前辅助驾驶、智能决策企业市场运营效果良好,该类企业运作模式在目前汽车市场上运用已经取得初步成效,企业已经具备较强的运作能力。

网络信息包括网络通信、操作系统等技术领域,在网络通信领域,我国企业具备较强竞争力,但智能

汽车的操作系统模块,国外企业仍占据主导地位.我国企业存在研发投入大,但产出较少情况.环境感知包括高精度地图、定位系统和传感器等技术领域,其研发转化阶段效率为 0.257.目前该类型企业的纯技术效率为 0.644,但规模效率较低.在该类型企业中,航天科技研发阶段的技术效率值为 1.000,作为我国航天领域企业,拥有顶尖的研发团队和研发经费保障。

2.3.3 投影分析

根据表 3 结果,结合 BCC 模型中决策单元有效性判定标准,表 1 中企业研发转化阶段和生产经营阶段的有效性如表 5 所示.可以看出,在研发转化阶段仅有 5 家公司为 DEA 有效,生产经营阶段,有 9 家公司为 DEA 有效,说明多数企业投入与产出存在改进空间。

表 5 企业有效性分析结果

企业类型	环境感知	智能决策	汽车整车	网络信息	
研发阶段	DEA 有效	2	0	2	1
	非 DEA 有效	7	4	5	3
	合计	9	4	7	4
运营阶段	DEA 有效	3	2	1	3
	非 DEA 有效	6	2	6	1
	合计	9	4	7	4

通过投影分析^[18],计算投入指标达到目标值的改进幅度,将进一步探究非 DEA 有效企业运营效率偏低原因.通过效率分析可知,智能汽车企业的研发转化阶段的技术效率均值仅为 0.222,因此,本文选择研发转化阶段,对投入和产出指标做投影分析,结果如表 6 所示。

表 6 非 DEA 有效企业投入产出调整

Tab.6 Adjustments of none-efficiency DEA companies

环境感知	原值	目标值	改进幅度/%	智能决策	原值	目标值	改进幅度/%
研发人员/个	34 465	14 688	57.38	研发人员/个	20 852	4 980	76.11
研发费用/亿元	567 529.91	195 009.88	65.64	研发费用/亿元	994 906.23	82 230.23	91.73
专利申请数量/个	4 090	4 397	7.52	专利申请数量/个	504	655	30.02
拥有专利数量/个	3 849	4 090	6.27	拥有专利数量/个	613	664	8.45
汽车整车	原值	目标值	改进幅度/%	网络信息	原值	目标值	改进幅度/%
研发人员/个	146 150	87 107	40.40	研发人员/个	28 774	6 005	79.13
研发费用/亿元	7 895 905.60	3 486 191.54	55.85	研发费用/亿元	637 335.41	87 678.75	86.24
专利申请数量/个	27 856	28 908	3.78	专利申请数量/个	599	1 524	154.43
拥有专利数量/个	25 849	25 849	0	拥有专利数量/个	1 347	1 425	5.79

从表 6 改进幅度一栏中看出,企业研发投入改进较大,均在 40%以上.投入指标中,研发经费投入

的改进幅度最大,平均改进幅度为 74.86%,研发人员平均改进幅度为 63.25%.智能决策和网络信息模

块经费投入改进幅度高达 91.73%和 86.24%,企业研发人员改进幅度 79.13%和 76.11%,说明该模块中所有企业的投入均存在较大改进。环境感知和汽车整车类型企业改进幅度低于智能决策和网络信息类型,其研发人员改进分别为 57.38%和 40.40%,研发投入改进幅度高于研发人员,分别为 65.63%和 55.85%,其改进幅度较小主要原因在于航天科技、保千里、江淮汽车等在企业研发阶段的纯技术效率为 1,在现有效率水平下,企业研发人员、投入改进难度较大。除此之外,其他企业技术效率较低。当前企业研发投入结构不合理、研发人员能力参差不齐是其存在较大改进幅度的主要原因。

3 结论

本文通过结合研发转化过程,将智能汽车企业运营分为研发转化和生产经营两个阶段进行效率评价,选取上海、深圳证券交易所中智能汽车板块公司为研究样本,构建两阶段 DEA 模型,从多年度和多类型角度分别对 2010~2015 年的智能汽车上市企业运营效率进行评价。主要得出以下结论:

(1) 从多年绩效变化来看,智能汽车企业运营效率多年中整体呈现上升趋势。2010~2012 年,智能汽车企业研发效率较为平稳,在 2013 年在研发投入上明显增加,研发效率略有下降后,2014 与 2015 年智能汽车上市企业研发效率呈现上升趋势;

(2) 从过程阶段影响来看,研发转化阶段效率对运营效率影响较大。通过对全阶段效率与研发转化过程、生产经营过程两个阶段效率进行 Pearson 相关性检验,发现智能汽车企业的综合运营效率与企业研发转化呈显著相关,也说明高技术产业研发转化是企业运营发展的关键过程;

(3) 从企业类型角度,各个类型研发转化效率均较低,说明多数企业与标杆企业相比仍存在差距,尤其是在智能决策和操作系统领域,生产经营阶段效率始终在 0.85 以上;

(4) 基于各指标比较,可以发现研发投入利用仍有改进空间。通过投影分析可以发现,投入指标中,研发经费投入改进幅度最大,其次是研发人员。企业研发投入结构不合理、研发人员能力参差不齐是主要原因。

根据上述结论,为提高智能汽车产业运营效率,提出以下建议:

(1) 继续加大智能汽车产业研发投入,重点关注企业研发阶段成效。随着规模效益的增长以及前期的研发投入逐步转化为知识产权和产业经济效益,继续加大产业投入,将有助于我国智能汽车企业运营效率的提升;

(2) 培育智能汽车核心技术领域,尤其是智能决策、操作系统模块,在资源投入基础上,产业企业间需要加强交流合作,信息共享,资源共用,在智能决策、操作系统等技术领域培育在世界范围内的具备竞争力的核心企业;

(3) 培养和引进智能汽车产业高技术人才,智能汽车产业作为新兴产业,我国的高技术人才储备相对较少,引进和培育智能汽车产业高技术人才,将进一步提升企业研发效率和核心竞争力。

参考文献:

- [1] GUERRERO-IBANEZ J A, ZEDADALLY S, CONTRERAS C J. Integration challenges of intelligent transportation systems with connected vehicle, cloud computing, and internet of things technologies [J]. IEEE Wireless Communications, 2015, 22(6):122.
- [2] 张景安. 关于提升企业核心竞争力的若干战略思考[J]. 科学与科学技术管理, 2004, 25(11):121.
ZHANG Jing'an. A number of thoughts about promoting core competence of the corporations [J]. Science of Science & Management of Science & Technology, 2004, 25(11):121.
- [3] 陈伟, 康鑫, 冯志军. 区域高技术产业知识产权运营效率研究——基于 DEA 和 TOPSIS 模型的实证分析[J]. 科学与科学技术管理, 2011, 32(11):125.
CHEN Wei, KANG Xin, FENG Zhijun. Research on the regional high-tech industries operation efficiency of intellectual property based on the perspective of DEA-TOPSIS [J]. Science of Science & Management of Science & Technology, 2011, 32(11):125.
- [4] SERFORD L M, ZHU J. Profitability and marketability of the top 55 U. S. commercial banks [J]. Management Science, 1999, 45(9):1270.
- [5] 孙超平, 苏雷, 徐本勇. 基于 DEA 模型的我国城市水务企业经营绩效评价研究[J]. 运筹与管理, 2016, 25(3):204.
SUN Chaoping, SU Lei, XU Benyong. Research on business performance evaluation of urban water enterprises in china based on DEA model [J] Operations Research and Management Science, 2016, 25(3):204.
- [6] 张利, 李琪, 汪贵浦. 基于 DEA 的中国铁路运营绩效分析及评价[J]. 系统管理学报, 2006, 15(3):220.
ZHANG Li, LI Qi, WANG Guipu. Analysis and assessment of Chinese railway performance based on DEA technique [J]. Journal of Systems & Management, 2006, 15(3):220.
- [7] 熊婵, 买忆媛, 何晓斌, 等. 基于 DEA 方法的中国高科技创业

- 企业运营效率研究[J]. 管理科学, 2014, 27(2):26.
XIONG Chan, MAI Yiyuan, HE Xiaobin, *et al.* A study on operational efficiency of hi-tech startups in China based on DEA methods [J]. Journal of Management Science, 2014, 27(2):26.
- [8] FARE R, GROSSKOPF S. Network DEA[J]. Socio-economic Planning Sciences, 2000, 34(1):35.
- [9] 成刚. 数据包络分析方法与 MaxDEA 软件[M]. 北京:知识产权出版社, 2014.
CHEN Gang. Approach of data envelopment analysis and MaxDEA [M]. Beijing: Intellectual Property Publishing House, 2014.
- [10] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. Management Science, 1984, 30(9):1078.
- [11] WANG K, HUANG W, Wu J, *et al.* Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA[J]. Omega, 2014, 44(2):5.
- [12] 曾薇, 陈收, 周忠宝. 金融监管对商业银行产品创新影响——基于两阶段 DEA 模型的研究[J]. 中国管理科学, 2016, 24(5):1.
ZNEG Wei, CHEN Shou, ZHOU Zhongbao. The impact of financial supervision on commercial banks product innovation—the research based on two-stage DEA model[J] Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(5):1.
- [13] 雷海民, 梁巧转, 李家军. 公司政治治理影响企业的运营效率吗——基于中国上市公司的非参数检验[J]. 中国工业经济, 2012, 30(9):109.
LEI Haimin, LIANG Qiaozhuan, LI Jiajun. Does the firm's political governance affect its operational performance—a non-parametric test based on chinese listed companies[J]. China Industrial Economics, 2012, 30(9):109.
- [14] 姚德权, 王帅. 产融结合型上市公司运营效率评价研究[J]. 财经问题研究, 2011, 33(5):81.
YAO Dequan, WANG Shuai, Business Efficiency Evaluation of Financial-Industrial Listed Companies [J], Research on Financial & Economic Issues, 2011, 33(5):81.
- [15] 冯纓, 滕家佳. 江苏省高技术产业技术创新效率评价[J]. 科学学与科学技术管理, 2010, 31(8):107.
FENG Ying, TENG Jiateng. Evaluation on technology innovation efficiency of high-tech industry in jiangsu province [J]. Science of Science & Management of Science & Technology, 2010, 31(8):107.
- [16] 赵福全, 匡旭, 刘宗巍. 面向智能网联汽车的汽车产业升级研究——基于价值链视角[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(17):56.
ZHAO Fuquan, KUSNG Xu, Liu Zongwei. Research on upgrading of the automotive industry towards the intelligent—connected automotive industry from the perspective of value chains [J]. Science & Technology Progress & Policy, 2016, 33(17):56.
- [17] 熊正德, 刘永辉. 效率测度方法 DEA 的研究进展与述评[J]. 统计与决策, 2007, 23(20):149.
XIONG Zhengde, LIU Yonghui. Study and review of the efficiency measurement method DEA [J]. Statistics and Decision, 2007, 23(20): 149.
- [18] 吴育华, 范贻昌. DEA 模型的一般投影研究[J]. 系统工程学报, 1996, 11(4):45.
WU Yuhua, FAN Yichang. Research about a general projection of DEA model [J]. Journal of Systems Engineering, 1996, 11(4): 45.