

电子商务企业创新效率的DEA评价及可视化分析

汤剑波¹, 袁晨熙², 汤菊梅³

¹贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

²华北电力大学数理学院, 北京

³东华理工大学经济与管理学院, 江西 南昌

收稿日期: 2024年3月29日; 录用日期: 2024年4月23日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

在迅速发展的数字经济环境中, 准确评估电子商务上市企业的创新能力与运营效率对促进科技进步和资源配置至关重要。本研究通过结合数据包络分析(DEA)模型和数据可视化技术, 深入评估了中国电子商务领域上市企业的创新表现和效率。研究选取了2022年国泰安(CSMAR)数据库中20家上市企业, 采用研发投入金额、研发人员数量和研发人员占比作为投入指标, 以净利润和净资产收益率作为输出指标, 以全面捕捉企业创新投入的规模和质量, 以及其经济效益的实际体现。通过并列柱状图、堆叠柱状图、气泡图、箱线图等多种数据可视化工具, 本研究不仅提升了分析的直观性和理解度, 还为决策者提供了清晰的决策支持。本研究旨在揭示上市企业在创新效率上的差异, 识别关键影响因素, 提供科学合理的资源配置和创新布局建议, 以支持国内科技创新和产业发展。

关键词

DEA评价模型, 创新效率, 电子商务, 可视化

DEA Evaluation and Visualization Analysis of Innovation Efficiency in E-Commerce Enterprises

Jianbo Tang¹, Chenxi Yuan², Jumei Tang³

¹School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

²School of Mathematics and Physics, North China Electric Power University, Beijing

³School of Economics and Management, East China University of Technology, Nanchang Jiangxi

Received: Mar. 29th, 2024; accepted: Apr. 23rd, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

In the rapidly evolving digital economy landscape, accurately assessing the innovation capabilities and operational efficiency of listed e-commerce companies is crucial for promoting technological advancement and resource allocation. This study employs a combination of Data Envelopment Analysis (DEA) model and data visualization techniques to comprehensively evaluate the innovation performance and efficiency of listed e-commerce enterprises in China. Drawing from a sample of 20 listed companies from the 2022 Guotai An (CSMAR) database, research inputs include research and development (R&D) expenditure, number of R&D personnel, and the proportion of R&D personnel, while outputs consist of net profit and return on net assets, capturing both the scale and quality of innovation inputs and their actual economic outcomes. Utilizing various data visualization tools such as side-by-side bar charts, stacked bar charts, bubble charts, and box plots, this study not only enhances the intuitiveness and understanding of the analysis but also provides clear decision support for stakeholders. The aim of this research is to uncover disparities in innovation efficiency among listed companies, identify key influencing factors, and offer scientifically sound recommendations for resource allocation and innovation strategies to support domestic technological innovation and industrial development.

Keywords

DEA Evaluation Model, Innovation Efficiency, E-Commerce, Visualization

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

在数字化时代背景下，电子商务不仅重塑了消费者的购物习惯，也重新定义了企业间的竞争格局。随着智能手机和互联网接入的普及，消费者对在线购物的依赖程度日益增强。2020年受疫情影响，线下消费受到抑制，为线上消费带来了全球性的机遇。与此同时，国家政策支持促进了跨境电商快速发展。根据《2020年度中国跨境电商市场数据报告》显示，2020年中国跨境电商市场规模达12.5万亿元，同比增长19.04%。根据全国电子商务公共服务网的数据，2022年移动互联网用户数14.54亿，全年度电子商务交易额137,853亿元，展示了中国庞大的潜在的消费基础，体现了电子商务在中国经济中的重要地位，已成为推动消费增长、促进经济结构调整的重要力量。

在这个背景下，创新与效率成为了电子商务企业生存和发展的双重关键。商务部电子商务司在杭州发布《中国电子商务报告(2022)》，报告指出，全国电子商务交易额43.83万亿元，同比增长3.5%，这一增长不仅展示了电子商务在中国经济中的重要地位，也反映了巨大的市场潜力和竞争压力。

企业的创新能力不仅体现在产品和服务的多样性上，也体现在通过技术优化和流程改进来提高运营效率上。然而，由于电子商务企业的业务模式、市场定位和技术应用存在显著差异，使得评估和比较它们的创新能力与运营效率变得尤为复杂。这就需要有一个既能够全面反映企业绩效，又能考虑到行业特性的评价模型。

本研究旨在引入数据包络分析(DEA)模型结合可视化分析，通过对中国电子商务领域上市企业的创

新和效率进行评估, 揭示影响企业创新效率的关键因素, 并为企业提供提高创新效率的策略建议。通过选取国泰安(CSMAR)数据库中 2022 年的数据, 本研究不仅关注企业的当前表现, 也力图对电子商务企业未来的发展趋势提供预见性分析, 从而为推动我国科技创新和产业升级提供有力的支持和深刻的洞察。

2. 文献综述

2.1. 创新效率

在数字经济的时代背景下, 企业面临着快速变化的外部环境, 迫切需要创新以在同质化竞争激烈的市场中维持优势并持续发展。早在 20 世纪 60 年代, 罗杰斯和拉森通过对美国硅谷的创新效率进行定性分析, 揭示了硅谷形成“凝聚经济效应”的关键因素。自那时起, 创新效率的研究就成为了一个广受关注的领域。企业层面就是以微观层面的上市企业为研究对象, 研究企业创新效率及其影响因素, 例如, 苏屹等采用 DEA-RAM 模型对新能源产业技术创新效率进行测量, 提出提升新能源企业技术创新效率实际增长率的建议[1]; 李朋林等基于技术创新效率视角, 以我国新能源汽车产业上市公司为研究样本, 发现政府补贴强度与技术创新效率之间存在显著的双重门槛效应[2]。

2.2. DEA 的原理与应用

自 A. Charnes 等三位著名运筹学家在 1978 年提出 DEA 以来, 这一模型已经在多个领域得到广泛应用。DEA 是一种基于边际生产前沿理论的非参数评估方法, 它通过构建一个虚拟的生产前沿面, 来评估决策单元(如企业、医院等)的相对效率。它直接基于投入产出数据构造生产可能前沿面, 不需要估计生产函数, 避免因生产函数形式有误而导致结果出现偏差, 也不需要设定指标权重, 使评价结果的客观性得到保证。随着 DEA 方法的提出, 引发了大量学者的广泛兴趣, 对 DEA 进行了更加深入的探究, 例如, Banker, Charnes 和 Cooper 引入了 BCG 模型, 又称为 Banker-Charnes-Cooper 模型, 这个模型引入了可变规模收益(VRS)假设, 允许评价在非恒定规模收益下决策单元的效率, 是对 CCR 模型的重要扩展[3]。在 2000 年代初, Färe 和 Grosskopf 通过引入 Malmquist 生产率指数, 拓展了 DEA 模型在时间序列分析中的应用, 为评估决策单元随时间的效率变化提供了方法[4]。近年来, DEA 方法的应用范围不断扩大, 涵盖了健康护理、教育、银行、供应链管理等多个领域。同时, 研究者们也在不断探索将 DEA 方法与其他量化分析方法结合的可能性, 如结合机器学习和大数据分析, 以提高评价的准确性和深度。

2.3. 数据可视化

普莱特在 18 世纪末提出了历史上第一个统计图表之一——折线图, 这成为了后来数据可视化中常用的一种形式。图形图像承载的信息量远多于语言文字, 人类从外界获得的信息约有 80% 以上来自于视觉系统。可视化借助于人眼快速的视觉感知和人脑的智能能力, 可以起到清晰有效地传达、沟通并辅助数据分析的作用[5]。可视化在帮助人们理解复杂信息、支持决策、发现见解以及传达信息等方面发挥着重要作用, 是现代社会中不可或缺的工具之一。可视化技术已广泛应用在医学中的诊断医学、整形与假肢外科中的手术规划与辐射治疗规划等方面、气象预报显示出某一时刻的气象状态、工程计算流体力学中的应用等方面[6]。可视化还应用在复杂高维数据的分析中, 例如袁晓如等通过对各类复杂高维数据开展可视分析, 阐述了对海量高维数据进行分析 and 诠释的新途径[7]。

3. 研究设计

3.1. 研究方法及数据来源

数据包络分析(DEA)是一种相对新颖的方法, 它比传统的计量方法(比如回归分析)更适合用于评估主

体的创新效率[8]。DEA 是一种相对新颖的方法，它利用线性规划方法将投入转换为产出，目的是评估具有可比性的主体的绩效。DEA 的应用步骤见图 1。本研究数据源于国泰安(CSMAR)数据库，利用 2022 年度 20 家上市企业的各项指标来进行分析。

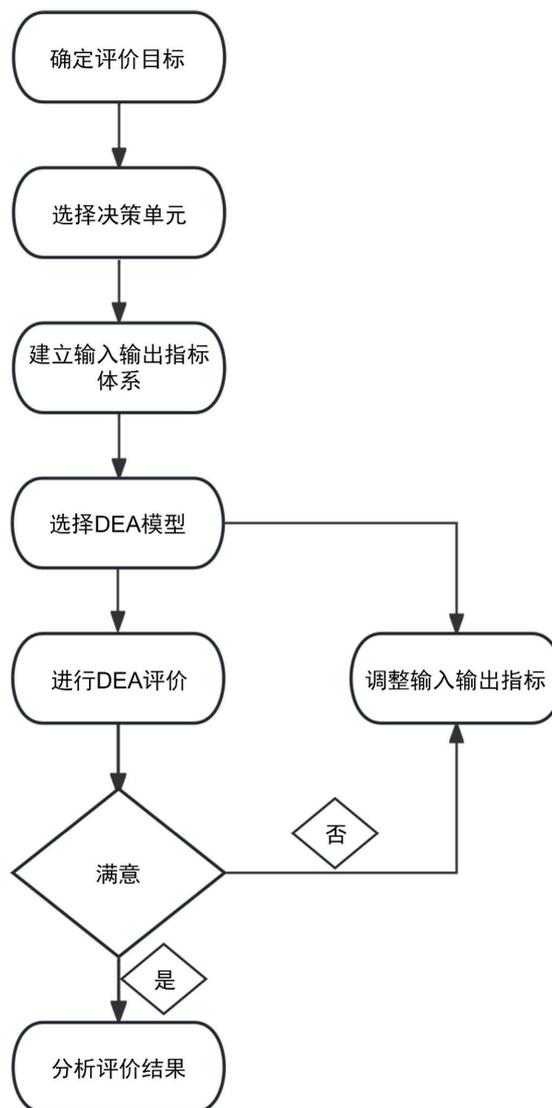


Figure 1. DEA method flowchart

图 1. DEA 方法流程图

3.2. 决策单元的选择

根据决策单元 DMU 选取的原则，选取具有同样的目标任务、外部环境及类型的投入和产出指标。本研究选取了电子商务的领域 20 家上市企业作为研究对象。这些企业在行业定位、市场规模和创新能力方面具有相似性，都在追求技术创新和市场扩展。这些企业不仅在行业中占据重要地位，也在国际市场上具有一定的影响力。它们均位于中国经济较为发达的地区，主要集中在北京、上海、深圳等大型城市，这些地区的经济环境、政策支持和人才集聚为企业的创新和发展提供了良好的外部条件。这 20 家企业在 2022 年的市场表现和财务数据中表现出了各自的特点，但总体上在创新和业务发展上保持一定的一致性。

3.3. 指标体系的建立

本研究以企业的研发投入金额、研发人员数量以及研发人员数量占比作为投入指标，而以净利润和净资产收益率作为产出指标。基于以上 20 个决策单元和 5 个指标数据，我们针对选定的 20 家行业内上市企业构建了一个完整的 DEA 模型评价体系。这个体系允许我们评估并比较这些企业在创新和效率方面的相对表现。通过这种方法，我们可以量化每个企业在利用其资源创造市场价值和技术创新方面的效率。见图 2。

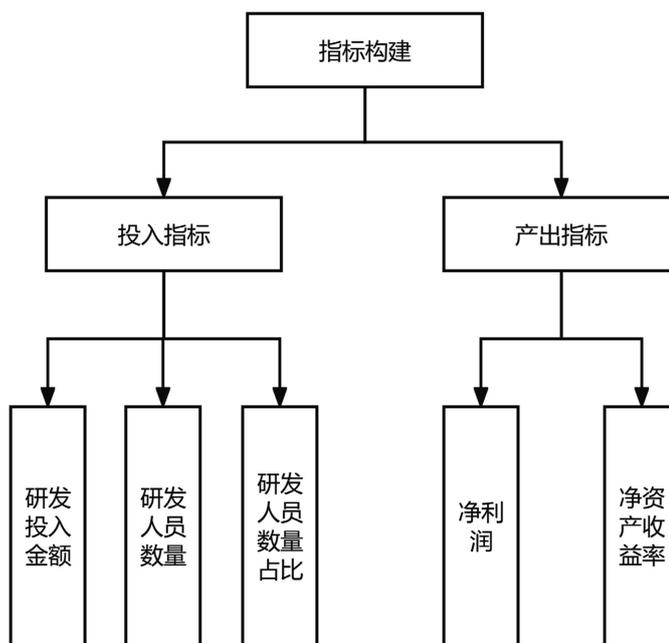


Figure 2. Indicator construction diagram
图 2. 指标构建图

研发投入金额和研发人员数量是衡量电子商务企业创新活动的关键指标，前者显示财务能力和对创新的重视，后者则反映实施能力和人力资源投入。研发人员数量占比进一步揭示企业对技术创新的侧重。此外，净利润和净资产收益率是评估企业经营成果和资本效率的基本指标，表明创新活动对市场竞争力和盈利能力的提升，尤其在技术密集型的电子商务领域中显得尤为重要。

4. 实证分析

本研究将定义的指标数据输入 DEAP2.1 软件进行分析，计算出 20 家上市企业的综合效率、技术效率和规模效率值(详见表 1)。其中，技术效率衡量的是企业在创新和运营方面的投入利用率。当技术效率值为 1 时，表示企业的投入(如研发投资和人员)达到了最优利用，说明资源配置得当。规模效率则反映了企业在技术和创新资源配置方面的能力，直接关系到企业创新成果的产出效率。

在企业的创新效率分析中，这三个效率指标的综合考量极为重要。若综合效率、技术效率和规模效率均达到 1，意味着该企业在 DEA 模型中处于效率前沿，展示了优秀的资源配置和创新能力。根据 DEAP2.1 软件分析结果，我们发现在选取的 20 家企业中，有部分企业实现了 DEA 效率前沿。这些企业在技术效率方面表现突出，但仍有企业在规模效率上表现不足，暗示着尽管它们在创新投入上达到了较高水平，但在资源配置和创新成果转化方面可能还存在改进空间。

Table 1. The comprehensive efficiency, technical efficiency, and scale efficiency values of 20 listed companies
表 1. 20 家上市企业的综合效率、技术效率和规模效率值

| 公司名称 | 综合效率 | 纯技术效率 | 规模效率 | 规模效益情况 |
|------|-------|-------|-------|--------|
| 雅博股份 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |
| 南京新百 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |
| 风神股份 | 0.598 | 0.660 | 0.905 | drs |
| 瀚叶股份 | 0.392 | 0.941 | 0.417 | drs |
| 中国天楹 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |
| 金螳螂 | 0.828 | 1.000 | 0.828 | drs |
| 陕西金叶 | 0.511 | 0.515 | 0.992 | irs |
| 华数传媒 | 0.944 | 1.000 | 0.944 | drs |
| 润建股份 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |
| 德联集团 | 0.205 | 0.225 | 0.911 | irs |
| 传艺科技 | 0.583 | 0.587 | 0.992 | drs |
| 德龙汇能 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |
| 古井贡酒 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |
| 海目星 | 0.582 | 1.000 | 0.582 | drs |
| 恒宝股份 | 0.316 | 0.322 | 0.983 | irs |
| 皖仪科技 | 0.439 | 0.439 | 1.000 | - |
| 新天药业 | 0.596 | 1.000 | 0.596 | drs |
| 徐工机械 | 0.576 | 1.000 | 0.576 | drs |
| 东诚药业 | 0.357 | 0.391 | 0.914 | drs |
| 贵州百灵 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | - |

4.1. DEA 结果可视化分析

4.1.1. 并列柱状图

在分析 DEA 结果的并列柱状图(见图 3)时, 我们发现雅博股份、南京新百和中国天楹等公司具有较高的综合效率得分, 接近 1, 显示其资源和技术利用接近最佳实践, 领先行业。相反, 瀚叶股份和德联集团的低综合效率得分指出它们在资源和技术利用上有显著的改进空间。特别是瀚叶股份虽然纯技术效率较高, 但由于不适当的运营规模, 效率受损。这些分析结果突显了多维度效率指标在追求效率提升中的重要性, 建议对效率较低的公司进行纯技术效率和规模效率的深入分析, 以识别改进方向, 而效率领导者应持续监控这些指标以维持优势。

4.1.2. 堆叠柱状图

在利用堆叠柱状图(见图 4)分析 DEA 结果时, 图表显示了各公司在综合效率、纯技术效率和规模效率三个维度的得分。通过堆叠展示, 我们不仅能看到各维度的得分, 还可以直观比较总体效率。分析表明, 雅博股份、南京新百和中国天楹在三个维度上表现优秀, 成为行业的标杆。而瀚叶股份和德联集团虽在某些维度表现良好, 但总体效率低, 尤其在规模效率上有改进空间。此外, 一些公司虽技术效率不高, 但通过优化规模效率, 实现了较高的综合效率, 表明适当调整运营规模可显著提升总体效率。这些发现强调了分析多维度效率的重要性, 并为提升效率提供了实践指导。

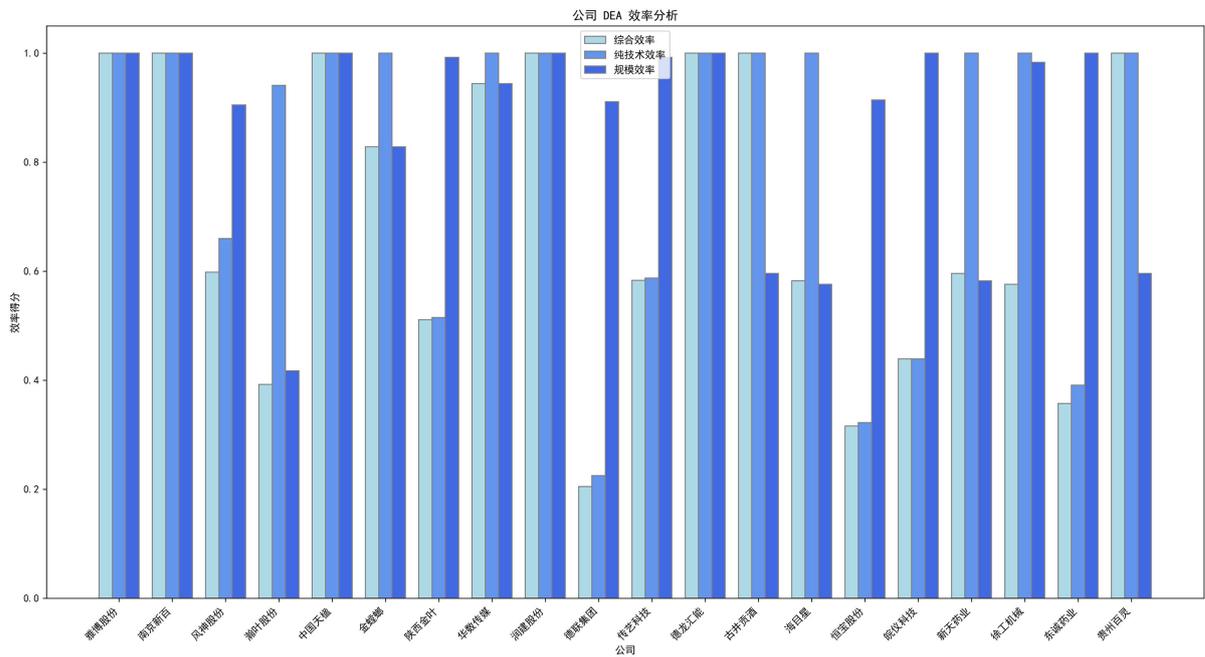


Figure 3. Clustered bar chart
图 3. 并列柱状图

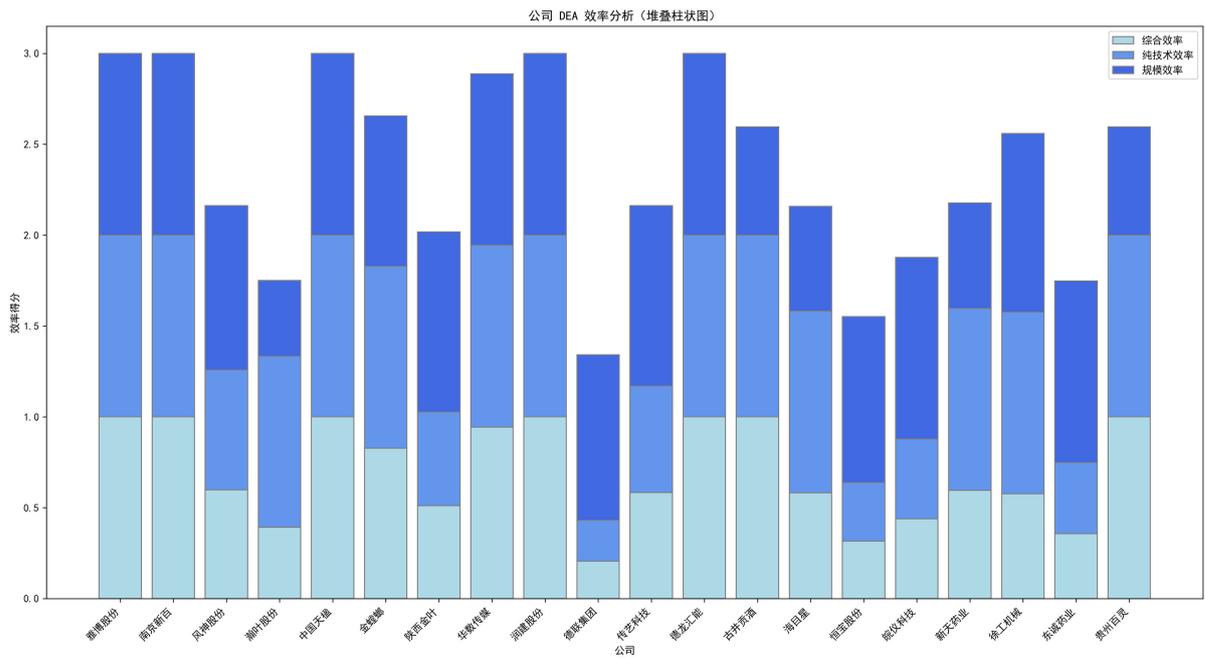


Figure 4. Clustered bar chart
图 4. 堆叠柱状图

4.1.3. 气泡图

通过气泡图(见图 5)的分析,我们可以直观地看到公司在纯技术效率和规模效率上的表现,并通过气泡大小了解综合效率。图中大气泡,如雅博股份、南京新百和中国天楹的,表明这些公司在资源利用和规模管理上表现优秀,且通常位于图表的右上方,显示它们在纯技术和规模效率上均表现良好。相反,

小气泡如瀚叶股份和德联集团的，表明这些公司综合效率较低，其技术应用、资源利用或规模调整有显著的改进空间，这些气泡多位于左下角，表明两种效率均需提升。气泡图的直观展示帮助识别效率领先的公司和改进领域，为效率分析提供了有力的视觉支持。

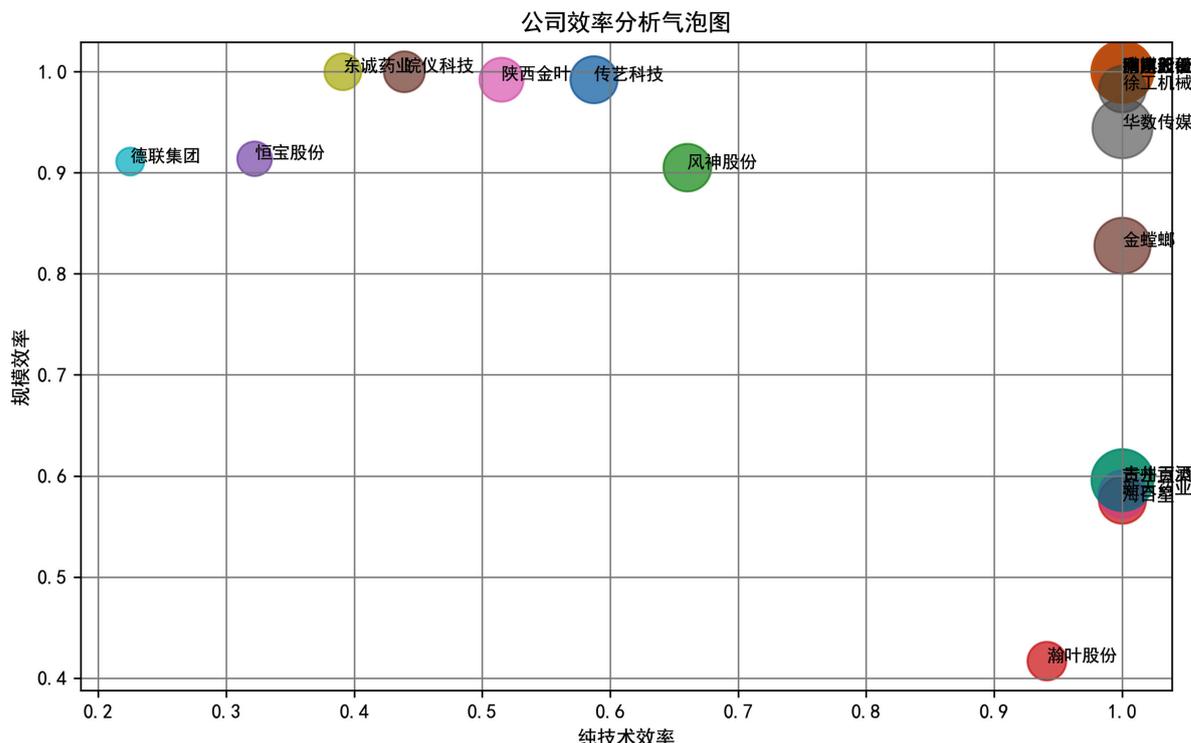


Figure 5. Bubble Chart
图 5. 气泡图

4.1.4. 箱线图

箱线图(见图 6)提供了一种直观的方式来观察综合效率、纯技术效率和规模效率的分布特性，包括中位数、四分位数范围和可能的异常值。通过分析箱线图，我们可以得出以下结论：

中位数和四分位范围：如果某个效率指标的中位数接近 1，并且四分位范围较小，这表明大多数公司在该指标上表现较为一致且接近最佳效率。反之，较低的中位数和较大的四分位范围指示效率水平差异较大，表明有较大的改进空间。

异常值：箱线图上的异常值(通常以点的形式表示)揭示了那些远离其他数据点的公司。这些公司可能在特定效率指标上表现异常低或高，值得进一步分析其背后的原因。

箱线图通过展示效率得分的分布情况，帮助我们识别效率表现的一致性及其变异度，以及突出需要关注的异常表现。这种分析对于理解不同效率指标间的差异和识别改进领域至关重要。

4.2. 综合效率分析

在 DEA 模型分析中，综合效率值为 1 表示企业资源配置达到最优效率。在本研究中，20 家上市企业中有 7 家达到了这一标准，表明其资源配置和创新效率优秀。另有 2 家企业的效率值在 0.75 至 1 之间，显示出较好的管理能力。然而，还有 11 家企业的效率值低于 0.75，说明这些企业在创新和资源利用上有较大的改进空间。

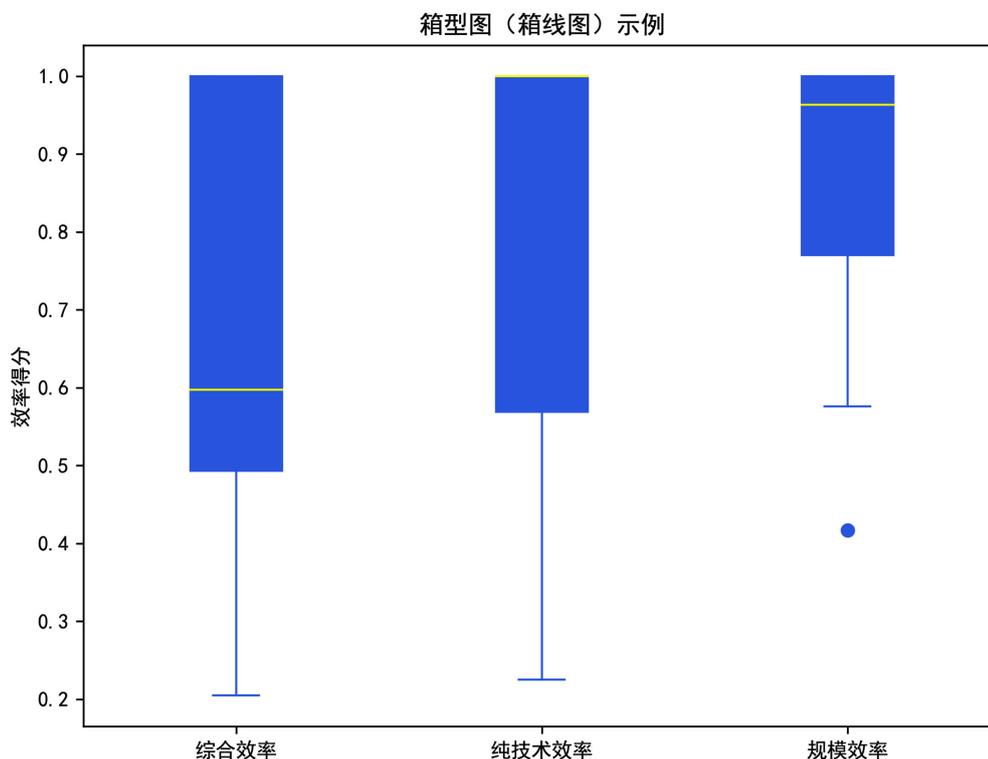


Figure 6. Box plot

图 6. 箱线图

4.3. 技术效率分析

在本研究中，利用 DEA 模型分析了公司的技术效率，即在固定生产规模下资源转化为产出的能力。结果显示，20 家企业中有 12 家的技术效率值达到 1，表明它们在技术运用和资源转化方面达到最优水平。此外，有 1 家企业的技术效率值在 0.75 至 1 之间，表现良好。然而，还有 7 家企业的效率值低于 0.75，表明尽管多数企业表现不错，但部分企业仍需在技术和资源转化上进行显著改进。

4.4. 规模效率分析

本研究中分析了企业的规模效率和规模报酬。规模效率分析表明，8 家企业的规模效率值为 1，说明这些企业已实现最优的规模和生产投入配置。另有 8 家企业的规模效率值介于 0.75 至 1 之间，显示接近最佳生产规模但仍有改进空间，而 4 家企业的规模效率值低于 0.75，需要进一步优化生产结构。

规模报酬方面，9 家企业处于规模报酬递减阶段，意味着增加生产规模或投入不会带来额外收益。3 家企业处于规模报酬递增阶段，可以通过增加投入来扩大生产规模以获得正向收益。还有 8 家企业的规模报酬处于不变阶段，已达到最佳产出规模，无需额外投入。

综上所述，本研究利用数据包络分析(DEA)方法探讨了电子商务行业内公司在创新效率方面的表现。分析结果揭示了不同企业在资源配置和创新能力上的差异。例如，某些企业在技术创新和研发投入方面展现出了高效率，而其他公司则在这些领域的表现不尽如人意。在我们的案例分析中，南京新街口百货商店股份有限公司(南京新百)在 DEA 评估中表现出色。这家公司通过精准的资源分配和高度重视研发投入，在创新能力上取得了显著成就。南京新街口百货商店股份有限公司(南京新百)之所以在 DEA 评价中效率高，是因为它成功地将重点放在了核心技术的开发和市场需求的快速响应上。

因此,在电子商务行业中,有效的资源配置和对创新的持续投入是提高企业效率的关键。公司需要不断优化其资源配置策略,确保研发投入能够转化为实际的创新成果,从而在激烈的市场竞争中脱颖而出。

5. 结论

本研究通过对 20 家上市企业在 2022 年的资源配置效率进行数据包络分析(DEA),并结合可视化分析方法,建立了一个全面的投入及产出指标体系,构建了电子商务企业资源配置效率的评价模型。通过可视化技术的应用,我们更直观地展示了这些企业在资源配置和利用方面的表现,揭示了即使在高度创新和技术驱动的行业中,有效的资源配置和利用也面临着显著的挑战。我们的分析显示,尽管大多数企业的资源配置效率保持相对稳定,但仍有部分企业展现出显著的效率波动。

本研究突出了实施创新策略在电子商务企业中的重要性。企业应不断探索新技术和创新方法,以提高其资源利用效率。例如,通过采用先进的管理信息系统、投资于研发和采纳敏捷生产方法,企业可以更有效地管理其资源,并快速响应市场变化。此外,企业在追求效率和创新的过程中,应重视持续的技术和知识更新,鼓励内部的知识共享和跨部门合作,以促进创新思维和效率提升。加强员工培训和职业发展,尤其是在新兴技术领域的培训,也将对企业的长期竞争力产生积极影响。

通过将可视化分析纳入 DEA 评价,我们能够更清晰地识别和解释数据之间的关联,为管理决策提供了更加直观和易于理解的依据。这种方法不仅加强了对企业资源配置效率的理解,也为提高决策的质量和速度提供了有力的支持。因此,科技企业应深入理解其业务模式与资源配置之间的关系,确保策略与公司目标相一致。有效的资源配置不仅需要分析工具如 DEA 和可视化技术的支持,还需要企业对其业务环境和内部流程有深刻的理解。只有这样,企业才能在高度竞争的科技市场中保持领先地位。

综上所述,数据包络分析及其与可视化分析的结合,在企业资源配置效率的研究中显示出其独特的价值。企业应持续关注创新和效率的提升,不断优化资源配置策略,并利用可视化技术的优势,以实现可持续的发展和增强市场竞争力。

参考文献

- [1] 苏屹,冯筱伟,苏帅,等. 新能源企业技术创新效率及收敛性研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(17): 72-82.
- [2] 李朋林,王婷婷. 政府补贴对新能源汽车产业发展的促进作用——基于技术创新效率视角的评价[J]. 地方财政研究, 2021(8): 86-96.
- [3] Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, **30**, 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [4] Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., et al. (1992) Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Non-Parametric Malmquist Approach. *Journal of Productivity Analysis*, **3**, 85-101. <https://doi.org/10.1007/BF00158770>
- [5] 王瑞松. 大数据环境下时空多维数据可视化研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [6] 陈建军,于志强,朱昀. 数据可视化技术及其应用[J]. 红外与激光工程, 2001(5): 339-342.
- [7] 袁晓如,张昕,肖何,等. 可视化研究前沿及展望[J]. 科研信息化技术与应用, 2011, 2(4): 3-13.
- [8] 刘海玥. 基于网络 DEA 模型中国上市公司融资效率的研究——以清洁能源行业为例[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2023.