

大型能源企业生产运营指数体系建设及应用

曹玉颖

华北电力大学, 河北保定, 071000;

摘要: 本文研究了大型能源企业生产运营指数体系的建设及其应用, 旨在提升企业管理效率和优化资源配置。通过构建包括能源效率、碳排放强度、成本效益等关键指数, 并采用移动线性回归、K 最近邻算法和极限梯度提升算法等数学模型, 实现了对企业运营状况的科学评估和精细化管理。以某大型能源集团为案例, 验证了该指数体系在实际应用中的显著成效, 展示了其在提升企业竞争力和响应市场变化中的巨大潜力。研究结果表明, 科学系统的生产运营指数体系能够实现对运营过程的精细化管理, 提高企业整体竞争优势。

关键词: 生产运营指数; 大型能源集团; 体系建设; 评价指标; 数字化转型

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 08. 013

引言

生产运营指数体系是一种综合评价企业生产运营效能与管理水平的多维量化工具, 旨在全面衡量企业生产活动的效能与健康状况, 它融合硬件与软件要素: 硬件涵盖生产技术先进性、设施布局合理性等; 软件包括人员架构效率、生产计划精准度等。通过关键指标衡量生产效率、成本控制、产品质量等维度, 帮助企业实时监控运营、发现问题、辅助决策。

1 国内外应用现状与趋势

1.1 行业现状

国内能源企业因跨板块、跨地域特性, 需提升协同与精细化管理水平, 管理模式正从传统向信息化转型。但当前存在明显短板: 一是总部难实时掌握生产状态, 缺乏针对性问题分析工具; 二是动态信息单向流动, 无有效辅助决策依据; 三是指数体系不统一, 指标选取、算法等无标准, 难以反映真实运营态势; 四是依赖调度人员经验, 智能化不足, 影响产运销一体化协同。

1.2 发展趋势

21 世纪信息化引发全球变革, 国际组织 (如国际电信联盟、世界银行) 均开展信息化评价指数研究, 企业生产运营指数、KPI 综合指标研究获各国政府关注。国际上, 渥太华小组 (侧重 CPI 应用与新数据来源研究)、沃尔堡小组等聚焦指数研究, 相关专题会议与学术成果增多, 指数已成为全球专家学者的研究热点。

2 关键指数设计与计算方法

2.1 关键指数设计

大型能源企业在构建生产运营指数体系时, 关键指数的设计与计算方法是确保该体系有效性的核心。

(1) 能源效率指数 (Energy Efficiency Index, EEI)

能源效率指数用来衡量企业生产过程中能源使用的效率, 鼓励节能降耗。

计算方法: $EEI = \frac{\text{实际产量} \times \text{标准能耗}}{\text{实际能耗}} \times 100\%$

(2) 碳排放强度指数 (Carbon Emission Intensity Index, CEII)

反映单位产值或产品中的碳排放量, 是衡量企业减排努力的重要指标。

计算方法: $CEII = \frac{\text{总碳排放量}}{\text{总产值}} \times 100\%$

(3) 成本效益指数 (Cost-Benefit Index, CBI)

衡量项目或投资的成本与预期效益之间比率的指标, 以评估其经济合理性。

计算方法: $CBI = \frac{\text{项目总效益现值}}{\text{项目总成本现值}} \times 100\%$

(4) 客户满意度指数 (Customer Satisfaction Index, CSI)

通过调查或反馈收集, 评估客户对企业产品或服务的满意程度。

计算方法: 通常采用问卷调查形式, 设定多个评价维度 (如产品质量、服务响应、价格等), 每个维度按等级打分, 然后加权平均得到 CSI。

2.2 数学模型算法设计

2.2.1 移动线性回归算法

$$h_{\theta}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \dots + \theta_n x_n$$

其中 $(i = 0, 1, 2, \dots, n)$ 为模型参数, $(i = 1, 2, \dots, n)$ 为每个样本的 n 个特征值。这个表示可以简化, 我们增加一个特征, 线性回归的一般形式如下:

$$h_{\theta}(x_0, x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=0}^n \theta_i x_i$$

进一步用矩阵形式表达更加简洁如下:

$$h_{\theta}(X) = X\theta$$

用矩阵形式表达损失函数

$$J(\theta) = \frac{1}{2} (X\theta - Y)^T (X\theta - Y)$$

使得损失函数达到最小值的参数即为线性回归模型的最终参数。为了防止模型的过拟合, 我们在建立线性模型的时候经常需要加入正则化项。具体 Lasso 回归的损失函数表达式如下:

$$J(\theta) = \frac{1}{2} (X\theta - Y)^T (X\theta - Y) + \alpha \|\theta\|_1$$

α 为常数系数, $\|\theta\|_1$ 为 L1 范数。具体 Ridge 回归的损失函数表达式如下:

$$J(\theta) = \frac{1}{2} (X\theta - Y)^T (X\theta - Y) + \alpha \|\theta\|_2^2$$

α 为常数系数, $\|\theta\|_2^2$ 为 L2 范数。对损失函数的最小化常采用梯度下降法的优化方法, 优化完毕即得模型的参数。

2.2.2 最近邻算法 (KNN)

最近邻算法, 对于给定测试样本, 基于距离度量找出拟合样本集中与其最靠近的 K 个建模样本, 然后基于 K 个“邻居”的信息来进行预测, 在回归任务中可使用平均法, 将这 K 个样本的实值输出标记的平均值作为预测结果。

2.2.3 极限梯度提升 (XGBOOST) 算法

极限梯度提升算法属于集成学习中的梯度增强算法, 属于加法模型。主要分为以下步骤:

对样本 $i = 1, 2, \dots, m$, 计算负梯度

$$r_{ti} = - \left[\frac{\partial L(y_i, f(x_i))}{\partial f(x_i)} \right]_{f(x)=f_{t-1}(x)}$$

①利用 $(x_i, r_{ti}) (i = 1, 2, \dots, m)$, 拟合一颗 CART 回归树,

得到第 t 颗回归树, 其对应的叶子节点区域为 $R_{tj}, j = 1, 2, \dots, J$ 。其中 J 为回归树 t 的叶子节点的个数。

②对叶子区域 $j = 1, 2, \dots, J$, 计算最佳拟合值

$$c_{tj} = \underset{c}{\operatorname{argmin}} \sum_{x_i \in R_{tj}} L(y_i, f_{t-1}(x_i) + c)。$$

③更新强学习器 $f_t(x) = f_{t-1}(x) + \sum_{j=1}^J c_{tj} I(x \in R_{tj})$ 。

若生产运营数据呈明显线性趋势, 且需快速响应新数据更新模型, 移动线性回归是经济高效之选; 数据量大且含复杂非线性特征时, XGBoost 可提供更精准强大的预测; 资源有限或需模型高解释性时, 可选用 KNN, 或用集成学习结合多算法优势, 实现预测效果与性能最优平衡。

3 系统平台建设

3.1 大屏可视化开发

大屏可视化核心内容包括指数演进历程信息, 以阶梯图、流程图展示指数含义、产生、发展、建设, 轮播应用效果与效益价值, 支持标题、内容、展示形式的编辑管理; 指数分析信息, 从时间维度通过趋势变化、同期对比分析运营指数, 折线图分析综合指数及各产业板块、区域指数趋势, 柱状图做同比、环比分析; 业务地图分析信息, 按能源、碳排放、成本、客户满意度、安全生产、协同区域划分维度, 以地图+标签展示企业分布、关键指标、告警, 经纬度标注二三级单位且按业务板块异色区分, 表单列示各板块企业数量、关键指标, 顶标显示企业产能、计划量、完成量, 指数异常时文字图标告警相关指标及企业; 各产业板块指数表现分析信息, 从时间维度通过板块指数影响程度、指标完成率、产出比分析表现, 雷达图展示能源、碳排放等指数值以体现板块对综合指数的影响, 饼图分析各业务指标完成率占比。

3.2 平台框架设计与建设

企业生产运营定量分析系统业务覆盖多领域, 平台建设核心目标: 研判运营状态、定位生产问题、辅助绩效评价。本文将指数应用划分为能源效率、碳排放强度、成本效益、客户满意度、安全生产、协同区域等业务域 (含但不限于), 平台框架如下图所示:

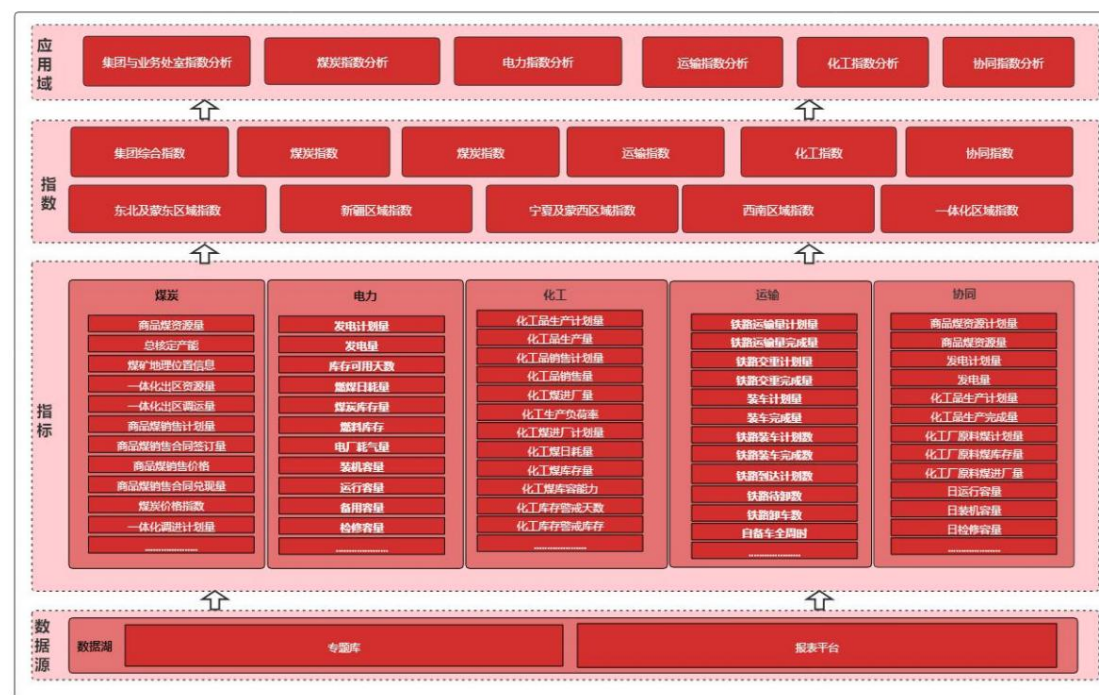


图 1 企业生产运营定量分析系统平台框架

4 案例分析

4.1 应用情况

目前已建成 6 个指数，综合、一体化运营及煤、电、运、化板块指数。包括以下两个方面的应用。一是大屏应用，通过大屏可视化系统，在生产调度指挥中心大屏总览上展示六大指数成为大屏展示的核心点。二是 PC 端应用，通过已建成的 6 个指数度量集团整体生产运营综合情况，采用结构树图表分层展现各业务分量的完成情况和超欠情况。

4.2 电力指数体系

以集团电力指数体系建设为例，集团选取具有代表性的生产运营指标能够全面衡量集团电力产业板块，如发电计划量、发电量、装机容量、机组开机率、机组负荷率、弃水率、弃风率等等。

电力指数数据样本从获取、统计特性分析、质量检验三方面开展，需明确数据获取方式、更新频率，维度至少含日期、组织，可拓展业务维度。模型设计依据产业特点、关键指标及复杂度，权重确定分两步，先以变异系数法、熵权法对历史数据客观赋权；再结合层次分析法，客观部分按指标计划量计算，主观部分依专家对业务重要性判定。电力指数由发电量完成率（含水电、火电、新能源）、供热量完成率、煤炭供应量完成率及

三者同比，加煤炭库存可用天数、机组非停台次构成；采用层次分析法得到集团电力指数下水电、火电一体化/非一体化电厂发电量完成率及同比、新能源发电量完成率及同比、供热量完成率及同比、煤炭供应量完成率及同比、火电库存可用天数的权重。

计算前清洗原始数据，剔除空值、业务异常数据（大于三个标准差绝对值、负值、重复值、零值）。变异系数法算得火电一体化/非一体化电厂发电量完成率权重 59.61%/40.39%，熵权法为 50.09%/49.91%；完成率同比指标因数据不满足要求，沿用完成率权重。

5 结论

生产运营指数体系指标构成企业运营整体评价框架，提供全面准确的运营数据支撑，助力精细化管理、优化资源配置、提升运营效率。本文以某大型能源集团生产运营指标体系建设项目为实例，探讨大型能源企业生产运营指数体系建设的理论应用与实践。通过构建科学系统的生产运营指数体系，结合先进信息技术实现指标数据全过程管理，企业可精细化管理运营，提升管理与运营效率。未来，随技术进步与业务发展，大型能源企业需深化体系建设与应用，以适应市场环境 with 业务需求变化。

参考文献

- [1] 陈金祥, 宇迪, 刘思聪, 等. 大型能源集团一体化煤炭供应链运行机理建模与推演技术研究[J]. 能源与环保, 2023, 45(12): 230-238. DOI: 10.19389/j.cnki.1003-0506.2023.12.036.
- [2] 王金刚, 王树海, 马长璐, 等. 大型能源集团一体化煤炭供应链实时调度智能决策关键技术研究[J]. 能源与环保, 2023, 45(10): 264-272. DOI: 10.19389/j.cnki.1003-0506.2023.10.041.
- [3] 龚孝平, 王春华. 基于大数据分析的油气生产集团安全管控平台建设研究[J]. 化工管理, 2023, (04): 101-104. DOI: 10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2023.04.029.
- [4] 潘银洁, 焦海涛, 韩佳瑞, 等. 大型能源集团技能人才评价模型构建及其应用[J]. 中国煤炭, 2022, 48(12): 28-33. DOI: 10.19880/j.cnki.ccm.2022.12.005.
- [5] 王宇飞, 肖远懂, 黄京明. 大型集团企业 ERP 系统建设实践与成效分析[J]. 能源科技, 2020, 18(09): 3-7.
- [6] 邓雪等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究. 数学的实践与认识, 2012. 42(07):
- [7] 张明. 大型煤炭企业绿色低碳发展路径探索与实践[J]. 中国矿业, 2023, 32(S2): 44-48.
- [8] 张宏亮, 张泓, 田丰. 大型能源企业精益管理的框架及运行设计[J]. 中国注册会计师, 2023(03): 96-101. DOI: 10.16292/j.cnki.issn1009-6345.2023.03.024.