

高校后勤集团运营绩效分析

陈雷艳, 肖思佳, 张靖文, 林萍芝, 王浩华*

海南大学理学院, 海南 海口
Email: *huazi8112@hainanu.edu.cn

收稿日期: 2021年6月21日; 录用日期: 2021年7月11日; 发布日期: 2021年7月23日

摘要

高校后勤集团运营绩效直接影响学校师生生活质量, 如何定量的评估其有效性, 是亟待解决的问题。本文主要对某高校后勤集团运营绩效进行分析, 首先通过灰色预测得到经济效益、发展潜力、内部运营指标对总绩效的影响, 确定各细化指标体系间的联系。其次, 通过Topsis综合评价了各细化指标之间的最佳权值, 并对其经济效益指标、发展能力指标、内部运营指标以及客户满意度指标进行综合评价。考察这些指标的走势, 分析了四个指标之间的动态关系。然后, 运用主成分分析法建立数学模型, 通过数值模拟来预测未来经济效益指标、发展能力指标和内部运营指标的发展趋势。最后, 结合该后勤集团的实际情况, 对该后勤集团的运营绩效的提高提出了合理化的建议。

关键词

运营绩效, 灰色预测, 评价法, 主成分分析, 多元线性回归

Operation Performance Analysis of University Logistics Group

Leiyan Chen, Sijia Xiao, Jingwen Zhang, Pingzhi Lin, Haohua Wang*

School of Sciences, Hainan University, Haikou Hainan
Email: *huazi8112@hainanu.edu.cn

Received: Jun. 21st, 2021; accepted: Jul. 11th, 2021; published: Jul. 23rd, 2021

Abstract

The operational performance of a university logistics group directly affects the quality of life of school teachers and students, and how to quantitatively assess its effectiveness is an urgent prob-

*通讯作者。

lem. This paper mainly analyzes the operational performance of a university logistics group, firstly, the influence of economic efficiency, development potential and internal operation indexes on the total performance is obtained through gray prediction, and the connection between each refined index system is determined. Secondly, the optimal weights among the refined indicators were evaluated comprehensively by Topsis, and their economic efficiency indicators, development capacity indicators, internal operation indicators and customer satisfaction indicators were evaluated comprehensively. The trends of these indicators were examined, and the dynamic relationships among the four indicators were analyzed. Then, a mathematical model was established using principal component analysis to predict the future trends of economic efficiency indicators, development capability indicators and internal operation indicators through numerical simulation. Finally, rationalized suggestions for the improvement of the operational performance of this logistics group are made in the light of the actual situation of this logistics group.

Keywords

Operating Performance, Grey Prediction, Evaluation Method, Principal Component Analysis, Multiple Linear Regression

Copyright © 2021 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

高校后勤是保障学校中心工作顺利开展,保障师生员工生活健康有序,维持自身生存发展的后勤,具有维持高校稳定的政治特点和服务育人的教育功能。高校后勤文化是在长期的服务、经营、管理过程中形成的思想理念、价值标准、行为规范以及与之相联系的各项制度的总和,是高校后勤事业发展的动力和灵魂,是高校校园文化的重要组成部分。高校后勤文化提倡服务、弘扬奉献,突出公益性;高校后勤文化以消费者为重,倡导高尚品德和质量,具有先进性。加强高校后勤文化建设,不仅是开展高校校园文化建设,营造良好育人环境的需要,也是高校后勤加强自身建设,实现可持续发展的内在要求。高校后勤运营作为校园后勤文化的一部分,具有重要的研究意义。

2. 模型分析及预测

2.1. 模型概况

国内有许多专家学者对于高校存在的问题进行了研究,如张杰对大数据背景下高校物流管理信息化建设进行了分析,并给出了合理的解决策略,以推动持续改进物流管理的信息化水平,以及大学管理的发展[1];晏述武,何苏利[2][3]等就高校后勤财务管理存在的问题进行分析提出了完善高校后勤财务管理工作的对策。对提升高校后勤财务管理水平,为高校的教育和科研事业发展提供强有力的支持;崔园对高职后勤管理专业人才培养模式的改革方案和措施进行了深入研究。从人才培养的定位、基于工作流程的物流课程体系开发、PDCA教学方法的实施与完善、人才培养与企业的“无缝对接”等方面阐述了改革方案与措施,刘寿彭文从精细化管理的内涵入手,对高校开展后勤精细化管理工作的必要性及存在的问题进行了分析,并提出了解决策略[4][5]。

然而,高校后勤运营绩效暂未进行有效分析,随着高校后勤社会化改革的不断深化和信息时代的来临,高校后勤系统所承担的工作任务日益繁重,尤其是高校后勤在高校的日常生活中发挥着越来越重要

的作用[6] [7]。而传统的高校后勤的运营又存在着诸多问题,因此,要注重对高校后勤整体的运营,要客观、全面地评价高校后勤整体的运营绩效情况,研究高校运营绩效走势,对已有模式进行合理化改进,以使后勤的运营绩效能够上升到一个更好的层面,达到既能使顾客满意,又要追求经济效益的目的。

2.2. 灰色预测模型

高校后勤集团的运营绩效主要是由所获得的经济效益,自身的发展潜力,内部运营情况以及客户满意度的影响。因此对某高校后勤集团的经济效益、发展潜力以及内部运营情况各项细化指标建立灰色预测模型[8]:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^{-\hat{a}}) \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}} \right] \cdot e^{-\hat{a}(k)}, k = 1, 2, \dots, n.$$

其中: $X^{(0)}$ 表示灰色预测原始数据序列; $X^{(1)}$ 表示灰色预测一次累加数据序列; \hat{a} 表示发展灰度估计; \hat{u} 表示内生控制灰度估计。表 1 给出了 2011~2023 年的各项细化指标值及预测。

Table 1. The detailed index values and forecasts for 2011~2023

表 1. 2011~2023 年的各项细化指标值及预测

年份	经济效益					发展潜力				内部运营情况			
	经营收入 (万元)	年终结 余(万元)	返回 工资 (万元)	上缴利 润(万 元)	人均收入 (元)	资本积累 率(%)	营业增长 率(%)	发展基金 占年终结 余比(%)	人员素质评 价	总资产周 转率(%)	人均产值 (元)	正式员工 占总员工 比例(%)	人均服 务人数 (人)
2011	1732	0	0	0	6600	-8.40%	2.40%	0%	2.40%	17.70%	32,250	59.60%	15.3
2012	2685	451	119	62	13,910	2.90%	19.03%	20.40%	27.19%	17.01%	38,120	54.56%	16.7
2013	3293	535	146	77	16,350	3.72%	18.77%	23.33%	28.64%	18.08%	44,090	48.58%	17.1
2014	4038	634	180	96	19,218	4.78%	18.51%	26.88	30.17%	19.22%	50,990	43.26%	17.4
2015	4951	752	221	119	22,589	6.13%	18.25%	30.50%	31.78%	20.43V	58,980	38.52%	17.8
2016	6071	892	271	147	26,552	7.87%	18.00%	34.88%	33.48%	21.72V	68,220	34.30%	18.2
2017	7444	1058	333	182	31,209	10.10%	17.75%	39.88%	35.27%	23.09%	78,900	30.54%	18.6
2018	9128	1254	409	226	36,683	12.96%	17.50%	45.60%	37.15%	24.54%	91,250	27.20%	19.1
2019	11,193	1487	502	280	43,117	16.63%	17.26%	52.14%	39.13%	26.09%	105,540	24.22%	19.5
2020	13,724	1764	616	347	50,680	21.34%	17.02%	59.62%	41.22%	27.73%	122,060	21.56%	19.9
2021	16,829	2091	756	429	59,570	27.39%	16.79%	68.18%	43.42%	29.47%	141,180	19.20%	20.4
2022	20,636	2480	928	532	70,019	35.15%	16.56%	77.95%	45.74%	31.33%	163,280	17.10%	20.9
2023	25,304	2940	1140	659	82,300	45.11%	16.33%	89.14%	48.18%	33.30%	188,850	15.23%	21.3

2.3. 后勤集团的经济效益、发展潜力以及内部运营情况的评价模型

根据灰色预测模型所确定的 2011~2023 年各细化指标的预测值与真实值的关系,分三次用改进的 Topsis 方法综合评价模型(具体步骤见附录 1.1),分别评价后勤集团的经济效益、发展潜力以及内部运营情况指标的变化情况,即可求出每年各项指标所对应的 $f_{ik}(w)$ ($i=1, \dots, m$), $k(k=1, 2, 3)$ 值($f_{ik}(w)$ 为最优解和最劣解的加权距离平方和),将其由大到小排序就可以得到优劣顺序(如表 2 和表 3 所示)。

表 2 数据结构表明:经济效益最好的是 2011 年和 2020 年; 2015 年和 2016 年该后勤集团的经济效益最差。后勤的发展能力最好的是 2011 年和 2020 年; 2015 年和 2016 年该后勤的发展能力最差。该后勤集团的内部经营最好的是 2011 年和 2020 年; 2014 年和 2016 该后勤集团的内部经营最差。

Table 2. Real value of economic performance, development capability, and internal operating indicators corresponding to the value $f_{ik}(w)$

表 2. 真实值的经济效益、发展能力和内部运营指标所对应的 $f_{ik}(w)$ 值

指标	年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
经济效益	$f_{i1}(w)$	0.0381	0.0374	0.031	0.0219	0.0201	0.0201	0.0222	0.027	0.0322	0.0381
	排序	1	2	4	7	8	8	6	5	3	1
发展能力	$f_{i2}(w)$	0.0172	0.016	0.0132	0.0128	0.0124	0.0128	0.0125	0.0152	0.0154	0.0165
	排序	1	3	6	7	9	7	8	5	4	2
内部运营	$f_{i3}(w)$	0.0175	0.0157	0.0149	0.0128	0.013	0.0126	0.0132	0.0143	0.0149	0.0158
	排序	1	3	4	8	7	9	6	5	4	2

Table 3. Predicted value of economic performance, development capability, and internal operating indicators corresponding to the value $f_{i1}(w)$

表 3. 预测值的经济效益、发展能力和内部运营指标所对应的 $f_{i1}(w)$ 值

指标	年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
经济效益	$f_{i1}(w)$	0.038	0.0365	0.0323	0.0246	0.0222	0.022	0.0234	0.0275	0.0326	0.0382	0.0415	0.0431	0.0453
	排序	5	6	8	10	12	13	11	9	7	4	3	2	1
发展能力	$f_{i2}(w)$	0.017	0.0159	0.0143	0.0131	0.0125	0.0128	0.0132	0.0143	0.0156	0.0166	0.0175	0.0181	0.0189
	排序	4	6	8	10	12	11	9	8	7	5	3	2	1
内部运营	$f_{i3}(w)$	0.0176	0.0156	0.0143	0.0127	0.0124	0.0125	0.0131	0.014	0.0151	0.0159	0.0165	0.0172	0.0179
	排序	2	6	8	11	13	12	10	9	7	5	4	3	1

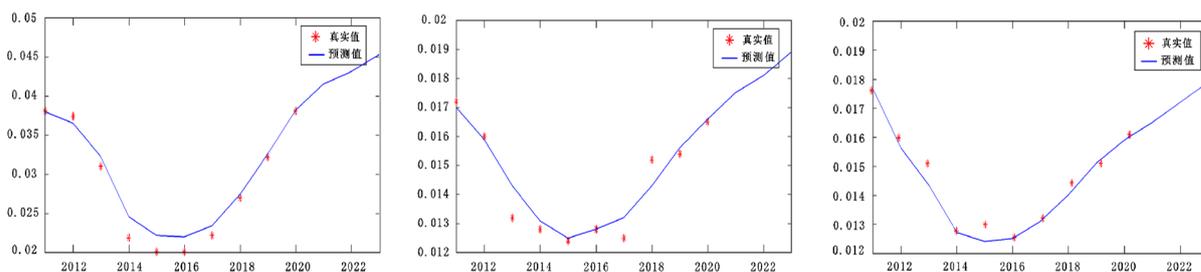


Figure 1. Real and projected value of logistics economics, development capabilities and internal operations

图 1. 后勤经济效益、发展能力和内部运营的真实值和预测值

图 1 给出了后勤经济效益、发展能力和内部运营三个指标的预测拟合值，结果表明：该后勤集团的经济效益的预测值基本都是大于真实值，但是经济效益的总体趋势大致相同；后勤的发展能力的预测值有些许与真实值有偏差，但是后勤集团的发展能力的总体趋势大致相同；后勤的内部运营的真实值和预测值大致相同，但是内部运营的总体趋势大致相同。从后勤集团的经济效益、发展能力和内部运营指标的真实值和预测值关系来看，可以预测出未来三年内该后勤的经济效益、发展能力和内部运营总体呈增长趋势。

2.4. 主成分分析模型

为了研究该后勤集团的满意指数走势，运用主成分分析法研究出满意度和忠诚度中的主要影响成分，建立主成分分析模型。

首先对原始数据进行标准化处理：

Step1: 假设进行主成分分析的指标变量有 m 个，分别为 X_1, X_2, \dots, X_m ，共有 n 个评价对象，第 i 个

评价对象的第 j 个指标的取值为 a_{ij} 。将各指标值 a_{ij} 转换成标准化指标值 \tilde{a}_{ij} ，有

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{a_{ij} - \mu_j}{s_j}, \quad i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m,$$

其中: $\mu_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$, $s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_{ij} - \mu_j)^2}$, $j=1,2,\dots,m$ 。即 μ_j, s_j 为第 j 个指标的样本均值和样本标准差。

对应地, 称 $\tilde{X}_j = \frac{X_j - \mu_j}{s_j}$, $j=1,2,\dots,m$ 为标准化指标变量。

Step2: 计算相关系数矩阵 R 。相关系数矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times m}$, 有: $r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \tilde{a}_{ki} \cdot \tilde{a}_{kj}}{n-1}$, $i, j=1,2,\dots,m$, 其中: $r_{ij} = 1$, $r_{ij} = r_{ji}$, r_{ij} 是第 i 个指标与第 j 个指标的相关系数。

Step3: 计算特征值和特征向量。计算相关系数矩阵 R 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m \geq 0$, 及对应的特征向量 u_1, u_2, \dots, u_m , 其中 $u_j = [u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{mj}]^T$, 由特征向量组成 m 个新的指标变量:

$$\begin{aligned} y_1 &= u_{11}\tilde{x}_1 + u_{21}\tilde{x}_2 + \dots + u_{m1}\tilde{x}_m, \\ y_2 &= u_{12}\tilde{x}_1 + u_{22}\tilde{x}_2 + \dots + u_{m2}\tilde{x}_m, \\ &\vdots \\ y_m &= u_{1m}\tilde{x}_1 + u_{2m}\tilde{x}_2 + \dots + u_{mm}\tilde{x}_m, \end{aligned}$$

其中: y_1 是第 1 主成分, y_2 是第 2 主成分, \dots, y_m 是第 m 主成分。

Step4: 选择 p ($p \leq m$) 个主成分, 计算综合评价价值。

Step5: 计算特征值 λ_j ($j=1,2,\dots,m$) 的信息贡献率和累计贡献率。称 $b_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}$, $j=1,2,\dots,m$, 为主成分

y_j 的信息贡献率。同时, 有 $\alpha_p = \frac{\sum_{k=1}^p \lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}$ 为主成分 y_1, y_2, \dots, y_p 的累积贡献率。当 α_p 接近于 1 (一般取

$\alpha_p = 0.85, 0.90, 0.95$) 时, 则选择前 p 个指标变量 y_1, y_2, \dots, y_p 作为 p 个主成分, 代替原来 m 个变量, 从而可对 p 个主成分进行综合分析。

Step6: 计算综合得分: $Z = \sum_{j=1}^p b_j y_j$ 。

根据综合得分值对 5 个满意度指标和 4 个忠诚度指标进行主成分分析, 相关系数前几个特征根及其贡献率见表 4。

Table 4. Results principal component analysis results

表 4. 主成分分析结果

序号	特征根	贡献率	累计贡献率	序号	特征根	贡献率	累计贡献率
1	7.8308	87.009	87.009	4	0.139	1.544	98.4155
2	0.6502	7.2249	94.2339	5	0.1125	1.2501	99.6656
3	0.2374	2.6376	96.8715	6	0.0281	0.3119	99.9775

从表 4 可以看出, 前两个特征根的累计贡献率就达到了 90% 以上, 主成分分析效果很好。下面取前 4 个主成分(累计贡献率达到 98%)进行综合评价。

分别以四个主成分的贡献率为权重，构建主成分综合评价模型，即

$$Z = 0.8701y_1 + 0.0722y_2 + 0.0264y_3 + 0.0154y_4,$$

把每年的 4 个主成分值代入上式，可以得到每年的满意指标的综合评价价值以及排序结果，见表 5。

Table 5. Value ranking and overall evaluation results

表 5. 排名和综合评价结果

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
排序	10	8	9	7	6	5	4	3	2	1
综合评价价值	-2.8204	-2.4717	-2.2937	-2.1905	-0.5603	0.5896	0.7849	2.26	2.8934	3.8088

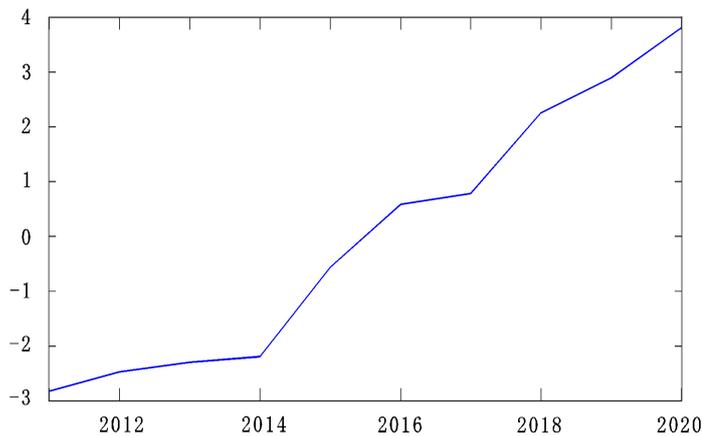


Figure 2. Satisfaction index value of each year

图 2. 各年的满意指数值

每年的满意指数基本呈直线形式(个别例外)，由图 2 可以知道满意指标将呈增长趋势。

2.5. 多元线性回归模型

为得到客户满意指标与经济效益指标、发展潜力指标以及内部运营指标之间的动态关系，首先要求出经济效益指数、发展潜力指数以及内部运营指数，因此先应用主成分分析模型计算出每年的经济效益指数、发展潜力指数以及内部运营指数，再运用多元线性回归模型显示满意度与它们之间的动态关系[9]。

运用主成分分析模型[10]可以分别得到每年的经济效益、发展潜力以及内部运营的综合评价价值和排序结果，见表 6。

Table 6. Annual economic performance, development potential and internal business ranking and overall evaluation value

表 6. 每年的经济效益、发展潜力和内部经营排名和综合评价价值

指标	年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
经济效益	排序	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	综合评价价值	-2.8482	-2.7949	-2.214	-0.9034	-0.2427	0.5448	1.0316	1.9385	2.4974	2.9909
发展潜力	排序	10	9	8	5	7	2	6	1	4	3
	综合评价价值	-2.2839	-2.1987	-1.0095	0.6936	0.1728	1.0735	0.6254	1.1532	0.8651	0.9085
内部运营	排序	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	综合评价价值	-2.2755	-1.9738	-1.7463	-0.7958	-0.1145	0.7634	1.2123	1.4377	1.6867	1.8058

记满意指标 z_4 , 经济效益指标 z_1 , 发展潜力指标 z_2 , 内部经营指标 z_3 的评价值分别为 $b_i, a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}$, $i=1, 2, \dots, 10$, 且

$$X = \begin{bmatrix} 1 & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & a_{10,1} & a_{10,2} & a_{10,3} \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_{10} \end{bmatrix}.$$

多元线性回归分析的模型为

$$\begin{cases} z_4 = \beta_0 + \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3 + \varepsilon \\ \varepsilon \sim N(0, \sigma^2), \end{cases}$$

求得(详见附录 1.2): $\hat{\beta}_0 = 0, \hat{\beta}_1 = 1.3074, \hat{\beta}_2 = 0.6941, \hat{\beta}_3 = 0.2286$ 。所以有 $z_4 = 1.3074z_1 - 0.6941z_2 + 0.2286z_3$, 同时可得到如图 3 的多元线性回归的交互式画面。

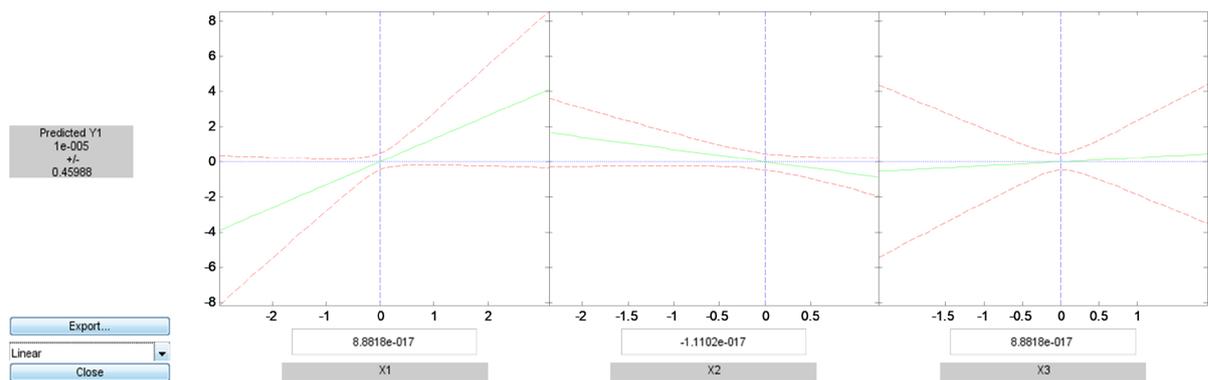


Figure 3. Multivariate linear regression interactive screen

图 3. 多元线性回归的交互式画面

3. 模型的检验

因变量 z_4 是否与 z_1, z_2, z_3 存在线性关系是需要检验的, 显然, 如果所有的 $|\hat{\beta}_j|$ ($j=1, 2, 3$) 都很小, z_4 与 z_1, z_2, z_3 的线性关系就不明显, 所以可以令原假设为

$$H_0: \beta_j = 0, j=1, 2, 3.$$

$$\text{记: } m=3, n=10, Q = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (b_i - \hat{b}_i)^2, U = \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2,$$

$$\text{这里 } \hat{b}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 a_{i1} + \dots + \hat{\beta}_m a_{im} \quad (i=1, 2, \dots, n), \bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i.$$

$$\text{当 } H_0 \text{ 成立时统计量 } F = \frac{U/m}{Q/n-m-1} \sim F(m, n-m-1),$$

在显著性水平 α 下, 若 $F_{1-\alpha/2}(m, n-m-1) < F < F_{\alpha/2}(m, n-m-1)$,

则接受 H_0 , 否则拒绝。

可计算出统计量 $F = 150.5959$, 因上 $\alpha/2$ 分位数 $F_{0.025}(3, 6) = 6.5988$, 所以拒绝原假设, 模型整体上通过了检验。

由方程 $z_4 = 1.3074z_1 - 0.6941z_2 + 0.2286z_3$ 。可以知道满意指标与经济效益和内部经营指标呈正相关增长, 在一定程度上与发展潜力指标呈负相关增长。

从以上数据分析可以看出,该集团的经济效益一直保持着平稳快速的发展,且随着资本累计率稳定,资本的不断积累,集团的发展能力也在不断增强。而从内部运营指标来看,集团内部对于资本及人员的管理也在逐渐走向成熟,故当前主要任务便是在公司快速稳定发展的基础上,为提高消费群体的满意度这里对该校后勤集团提出了以下几点建议:

1) 应保障优质化服务。美化餐厅就餐环境,细化餐厅管理制度,同时以精细化的操作管理,优质的服务作为工作准则,给师生们提供一个干净卫生的就餐环境。

2) 大力提高员工素质。员工是需要与消费者直接接触的,因此一个高素质的员工必定会给消费者留下好的印象,因此消费者对该后勤的忠诚度也将会提升,来食堂就餐的次数自然就增加了,也许也可以带动身边的人经常到后勤就餐,这就提高了经济效益。

3) 保证食堂的卫生安全。食堂是师生们主要就餐的地方,一个干净整洁的食堂给人一种来而复返的欲望。不过目前大多后勤食堂因为保洁做的不及时,往往第二波客人来的时候,第一波客人留下的残羹仍未收拾妥当,这就给顾客留下了不好的影响。因此食堂里的保洁人员一定要随时确保给师生营造一个干净、舒适的就餐环境。

4) 为学生提供个性化服务。个性化服务这就要求餐厅经理实行全程、全方位的管理,真心实意虚心听取同学们的反映,及时做归纳总结,努力做到更好。一方面会提高学生对食堂的满意度和忠诚度,另一方面也会吸引更多的顾客来后勤就餐,食堂的经济效益自然就提高了。

5) 加大节能减排的宣传力度,减少高能耗设备的使用。为保证集团效益与师生满意度的兼得,可以在保证优质高效的服务的基础上,通过优化管理、减少高耗能设备的使用、开展各种节能减排活动、加大节约资源的宣传力度来实现。

基金项目

海南省自然科学基金(120RC451),国家自然科学基金(11761025, 11961018, 11901114),广东省教育厅科研项目(2017KQNCX081),广州市科学基金资助技术项目(201904010010)资助,中山大学广东省计算科学重点实验室开放项目(2018001),海南省研究生创新创业项目(Hys2020-108)。

参考文献

- [1] Zhang, J. (2020) Analysis on the Construction of Logistics Management Informatization in Colleges and Universities under the Background of Big Data. *Advances in Higher Education*, **4**, 192-194. <https://doi.org/10.18686/ah.e.v4i10.2939>
- [2] 晏述武. 高校后勤财务管理的问题及对策[J]. 财会学习, 2019(13): 53-54.
- [3] He, S.L. (2013) Analysis on the Financial Management in Medical College Logistics. *China Medical Equipment*, **8**, 92-94.
- [4] 崔媛. 高职院校物流管理专业人才培养模式探讨[J]. 技术与教育, 2010(1): 68-71.
- [5] 刘寿彭. 高校后勤管理中的精细化管理模式及实施策略探讨[J]. 科教文汇(下旬刊), 2021(5): 20-21.
- [6] 李婕. 探究精细化管理理论在高校后勤餐饮管理中应用[J]. 长江丛刊, 2020(1): 128-129.
- [7] 刘建城. 浅析高校后勤现状及社会化出路[J]. 当代经济, 2011(9): 62-63.
- [8] Ding, S., Hipel, K.W. and Dang, Y.G. (2018) Forecasting China's Electricity Consumption Using a New Grey Prediction Model. *Energy*, **149**, 314-328. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.169>
- [9] 王振友, 陈莉娥. 多元线性回归统计预测模型的应用[J]. 统计与决策, 2008(5): 46-47.
- [10] Bro, R. and Smilde, A.K. (2014) Principal Component Analysis. *Analytical Methods*, **6**, 2812-2831. <https://doi.org/10.1039/C3AY41907J>

附录

附录 1

附录 1.1 改进的 Topsis 综合评价模型

设有 m 个年份, n 个指标, 其中第 $i(1 \leq i \leq m)$ 年的第 $j(1 \leq j \leq n)$ 指标值为 x_{ij} , 则由表中的数据可得到初始判断矩阵 $V = (x_{ij})_{m \times n}$ 。

对初始矩阵进行规范化处理, 将其统一为效益型指标, 则可得到标准化矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 。

$$\text{对于效益型指标 } r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, & x_j^{\max} \neq x_j^{\min} \\ 1, & x_j^{\max} = x_j^{\min} \end{cases}$$

$$\text{对于成本型指标 } r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, & x_j^{\max} \neq x_j^{\min} \\ 1, & x_j^{\max} = x_j^{\min} \end{cases}$$

$$\text{确定标准化矩阵的理想解, 令 } r_j^* = \begin{cases} \max_{1 \leq i \leq m} r_{ij}, & j \in J^+ \\ \min_{1 \leq i \leq m} r_{ij}, & j \in J^- \end{cases}$$

其中 $j=1, 2, \dots, n$, J^+ 为效益型指标集, J^- 为成本型指标集, r_j^* 表示第 j 个指标的理想值。

对于矩阵 R , 因为其指标元素都标准化为效益型指标了, 故最优解 $R_j^+ = (1, 1, \dots, 1)$, 最劣解 $R_j^- = (0, 0, \dots, 0)$ 。

然后确定指标的权重: 先设有指标 G_1, G_2, \dots, G_n , 对应的权重分别 w_1, w_2, \dots, w_n , 各方与最优解和最劣解的加权距离平方和为

$$f_i(w) = f_i(w_1, w_2, \dots, w_n) = \sum_{j=1}^n w_j^2 (1 - r_{ij})^2 + \sum_{j=1}^n w_j^2 r_{ij}^2$$

在某种距离的意义下, $f_i(w)$ 越小越好。由此建立如下的多目标规划模型:

$$\min f(f_1(w), f_2(w), \dots, f_m(w)),$$

其中, $\sum_{j=1}^n w_j = 1, w_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, n)$ 。

由于 $f_i(w) \geq 0, i=1, 2, \dots, m$, 则上述多目标规划可以化为单目标规划模型:

$$\min f(w) = \sum_{i=1}^m f_i(w),$$

其中, $\sum_{j=1}^n w_j = 1, w_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, n)$ 。

构造拉格朗日函数: $F(w, \lambda) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_j^2 \left((1 - r_{ij})^2 + r_{ij}^2 \right) - \lambda \left(1 - \sum_{j=1}^n w_j \right)$,

$$\text{令 } \begin{cases} \frac{\partial F}{\partial w_j} = 2 \sum_{i=1}^m w_j \left((1 - r_{ij})^2 + r_{ij}^2 \right) + \lambda = 0, & i=1, 2, \dots, m, \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = - \left(1 - \sum_{j=1}^n w_j \right) = 0. \end{cases}$$

求解得: $w_j = \mu_j \sum_{i=1}^n \mu_i, j=1,2,\dots,n,$

其中, $\mu_j = \frac{1}{\sum((1-r_{ij})^2 + r_{ij}^2)}, j=1,2,\dots,n。$

附录 1.2

用最小二乘法求 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 的估计值, 即应选取估计值 $\hat{\beta}_j$, 使当 $\beta_j = \hat{\beta}_j, j=0,1,2,3$ 时, 误差平方和

$$Q = \sum_{i=1}^{10} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{10} (b_i - \hat{b}_i)^2 = \sum_{i=1}^{10} (b_i - \beta_0 - \beta_1 a_{i1} - \beta_2 a_{i2} - \beta_3 a_{i3})^2$$

达到最小。为此, 令 $\frac{\partial Q}{\partial \beta_j} = 0, j=0,1,2,3,$

得到正规方程组, 求解正规方程组得 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 的估计值,

$$[\beta_0 \ \beta_1 \ \beta_2 \ \beta_3] = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

附录 2

客户满意指标(消费者)

消费者(学生、教工)满意度调查(对后勤服务满意程度评价)

年份	很不满意	不满意	基本满意	满意	非常满意
2000	18%	46%	29%	7%	0%
2001	19%	44%	28%	9%	0%
2002	19%	42%	25%	14%	0%
2003	17%	38%	27%	17%	1%
2004	14%	32%	31%	21%	2%
2005	13%	30%	35%	19%	3%
2006	11%	31%	33%	22%	3%
2007	8%	27%	37%	24%	4%
2008	9%	23%	38%	26%	4%
2009	7%	24%	36%	28%	5%

愿意到后勤消费的比例(每月到食堂就餐次数, 按一日三餐计算)

年份	40 天以下	40~59 天	60~79 天	80 天以上
2000	14%	33%	35%	18%
2001	13%	31%	37%	19%
2002	11%	35%	36%	18%
2003	12%	36%	35%	17%
2004	11%	33%	38%	18%
2005	9%	32%	39%	20%
2006	10%	29%	42%	19%
2007	8%	27%	46%	19%
2008	9%	24%	45%	22%
2009	8%	21%	47%	24%