

基于多层次灰色理论的农业信息平台评价研究

马彦图

(甘肃农业大学 信息科学技术学院,甘肃 兰州 730070)

摘要:针对甘肃省农业特色产业资源信息服务平台缺乏有效定量分析及评价的情况,在借鉴国内外信息平台评价指标体系构建及评价方法研究的基础上,结合多层次灰色理论及信息平台的实际开发和运行状况,从平台建设、服务水平、运行情况和运行支持4个方面,设计和筛选出13个具体指标组成的多层次评价指标体系。邀请相关领域的5位专家对服务平台进行评估,通过Delphi法和层次分析法确定了各指标对应的权重,应用多层次灰色评价法对信息平台进行了多层次评估,计算出了信息平台的可靠性量化结果。根据计算结果得知,该信息服务平台设计合理,技术达标,服务水平和运行情况良好,对定量评价农业信息平台做了一次探索和有益的尝试,对其他各类农业信息平台的定量分析评价具有一定的参考借鉴价值。

关键词:灰类;评价;权重;农业信息平台;白化函数

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)02-0120-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.02.027

Research on Evaluation of Agricultural Information Platform Based on Multi-level Grey Theory

MA Yan-tu

(School of Information Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Aimed at lacking of effective quantitative analysis and evaluation of resources information service platform of characteristic agriculture industry in Gansu Province, based on the building of evaluation index system of information platform at home and abroad and the study of the evaluation method, in accordance with multi-level grey theory and actual development and operating of information platform, a multi-level evaluation index system is established from the platform construction, service level, operation and technology support with 13 specific indexes. Five experts in the related field are invited to evaluate service platform. Each corresponding index weight is determined by Delphi method and Analytic Hierarchy Process (AHP). The multi-level grey evaluation method is used to evaluate information platform and calculate its reliability quantification results. According to the calculation results, it is found that the information service platform is reasonable in designing, achieving technical standards, favorable service levels and operating conditions. The quantitative evaluation of agricultural information platform has made a beneficial exploration, and boasted a certain reference value of evaluating other agricultural information platform.

Key words: grey class; evaluation; weights; agricultural information platform; whitening function

1 概述

甘肃省特色农业产业资源信息服务平台是基于当前甘肃特色优势农业产业信息发展中缺乏一站式信息服务、数据采集共享困难、人机交互程度低等现状,以现代网络技术和计算机软件与理论为指导,设计并实现的综合性平台。平台的建成可以有效解决资源共享等问题。但是,如何更好地发挥平台作用,为相关政府部门进行决策提供依据,提高特色农业信息服务能力,

就必须全面衡量平台价值,分析平台优劣,以便进一步改进和完善。因此,科学构建评价指标体系,从应用研究层面对服务平台进行综合评价显得尤为重要。

平台的综合评价问题,国内外研究机构和学者采取的评价方法与制定的评价标准也不一致。国外的评价内容更注重平台的功能与业务以及客户服务的质量,而国内主要是对平台的技术性能等进行评价^[1]。例如,美国的 Gomez 评测机构制定了系统易用性、用

收稿日期:2016-04-01

修回日期:2016-08-05

网络出版时间:2017-01-10

基金项目:甘肃省星火计划项目(1305NCXA227)

作者简介:马彦图(1979-),男,硕士,副教授,研究方向为计算机网络及安全、农业信息化。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170110.1030.080.html>

户信心、站点资源、客户关系服务和总成本5个一级类指标的评价方法^[2];美国消费者联盟UC制定了包括流量、销售额、政策、使用方便性和平台内容的综合指标,然后由专家根据各项指标的综合结果进行排名^[3]。中国互联网络信息中心则将站点速度、链接有效率、被链接率、引擎的出现率等作为评价指标^[4]。与此同时,国内外学者也做了大量的研究工作。J·Shawn Farris认为应该从用户与系统交互的角度来评价平台设计^[5];Petra从技术角度、市场角度、营销角度建立了评价体系^[6];周蓓婧等认为通过文献回顾和专家咨询,以消费者满意度建立科学的评价指标体系,利用层次分析法进行系统测评^[7];王谨乐提出了基于AHP及模糊综合评价模型^[8];刘雨薇提出使用因子分析和聚类分析方法对平台进行评价^[9]。以上学者提出的AHP法、聚类分析法、模糊评价法等多层次评测方法大多都是一种间接系统分析方法,在指标体系过多时数据统计量增大,权重难以确定,特别是对指标权重矢量的确定主观性较强,从而使评价结果误差较大。

鉴于此,文中在综合考虑和整体平衡中顾及了平台评价的各种因素,采用多层次灰色理论对甘肃省特色农业产业资源信息服务平台进行综合评价。

2 多层次灰色理论

灰色系统理论是由中国著名学者邓聚龙教授提出并创立的,是一种研究“少数据”、“贫信息”等不确定性系统问题的新方法^[10]。利用该方法对一个具有多层次影响因素的项目进行评测时,首先确定该项目的层次,构建评价指标体系,然后由低到高逐层评价,最后计算综合评价值。文中用多层次灰色理论建模,根据层次分析的原理,将评价体系分为三个层次。设 X 为平台的综合评测值; W_s 为平台一级指标所组成的集合,记 $W_s = \{W_1, W_2, \dots, W_q\}$ ($s = 1, 2, \dots, q$); U_{si} 为平台二级指标所组成的集合,记 $U_{si} = \{U_{s1}, U_{s2}, \dots, U_{sn}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$)。具体评价步骤如下:

(1) 制定评价指标 U_{si} 的评分标准。

给 U_{si} 相应的评分标准,实现由定性分析到定量分析的转变。

(2) 确定评价指标 W_s 和 U_{si} 的权重。

利用Delphi法和层次分析法,确定 U_{si} 和 W_s 的权重向量,分别记为 A_i 和 A 。

(3) 求评价样本矩阵。

设有 P 位专家,对平台按评价指标 U_{si} 进行打分,记为 d_{sik} ($k = 1, 2, \dots, p$)。通过将 d_{sik} 表示为矩阵形式,建立评价样本矩阵 D 。

(4) 确定评价灰类。

确定评价灰类,即确定其灰数、灰类的等级数以及

白化权函数,可根据实际评价问题具体分析确定。假定评价灰类序号为 e , $e = 1, 2, \dots, g$,则有 g 个评价灰类,如果设定“优、良、中、低、差”5个评价灰类级别,则 $g = 5$ 。第一灰类 $e = 1$, $\otimes \in [d_1, \infty]$,白化权函数为 f_1 ;第二灰类 $e = 2$, $\otimes \in [0, d_2, 2d_2]$,白化权函数为 f_2 ;第三灰类 $e = 3$, $\otimes \in [0, d_3, 2d_3]$,白化权函数为 f_3 ;第四灰类 $e = 4$, $\otimes \in [0, d_4, 2d_4]$,白化权函数为 f_4 ;第五灰类 $e = 5$, $\otimes \in [0, d_5, 2d_5]$,白化权函数为 f_5 。通过以上5个灰类可确定其白化权函数为 $f_e(d_{sik})$ 。

(5) 计算灰色评价系数。

针对平台的评价指标 U_{si} ,属于其第 e 个灰类的灰色评价系数记为 X_{sie} ,表示为:

$$X_{sie} = \sum_{k=1}^p f_e(d_{sik})$$

属于其各灰类的总灰色评价数记为 X_{si} ,表示为:

$$X_{si} = \sum_{e=1}^g x_{sie}$$

(6) 计算灰色评价权向量及权矩阵。

假定所有参与评价的评分专家针对评价指标 U_{si} 属于第 e 个灰类的灰色评价权记为 r_{sie} ,则有:

$$r_{sie} = \frac{x_{sie}}{X_{si}}$$

因有 g 个评价灰类,则评价指标 U_{si} 对于各灰类的灰色评价权向量,记为 r_{si} ,即:

$$r_{si} = (r_{si1}, r_{si2}, \dots, r_{sig})$$

对属于 W_s 的各类 U_{si} 指标,综合其对应的灰类灰色评价权向量后,可得到灰色评价权矩阵 R_{si} :

$$R_{si} = \begin{bmatrix} r_{s11} & r_{s12} & \cdots & r_{s1g} \\ r_{s21} & r_{s22} & \cdots & r_{s2g} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{s11} & r_{s12} & \cdots & r_{s1g} \end{bmatrix}$$

于是,对 U_{si} 作综合评价,其评价结果记为 B_s ,则有 $B_s = A_i \times R_{si}$ 。

(7) 建立指标 W_s 的综合评价矩阵。

通过 U_{si} 的评价结果 B_s ,可以得到指标 W_s 各评价灰类的灰色评价权矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1g} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2g} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{q1} & b_{q2} & \cdots & b_{qg} \end{bmatrix}$$

于是, W_s 的综合评价向量记为 B ,则 $B = A \times R$ 。

(8) 计算综合评价值,处理评价结果。

为了得到平台各评价灰类的等级值化向量 $C = (C_1, C_2, \dots, C_g)$,将各灰类等级按“灰水平”赋值,假设 $C = (100, 85, 75, 55, 40)^{[11-15]}$,据此求出综合评价值

$$X = B \times C^T。$$

3 评价指标制定与评估

以甘肃省农业特色产业资源信息服务平台为研究对象,应用多层次灰色评价法对其进行综合评价。构建评价指标体系是进行平台综合评价的基础和关键,评价指标体系的全面性、代表性和科学性,直接影响到甘肃特色农业产业资源信息服务平台综合评价的结果。文中结合农业信息平台的实际开发和运行状况,在遵循评价指标体系构建的系统性、典型性、动态性、科学性和综合性原则的基础上,设计并筛选出平台建设、服务水平、运行情况和技术支持4个一级指标,13个二级指标组成的评价指标体系,如表1所示。并邀请相关领域的5位专家对服务平台进行评估,规定评估者的评分范围为1~10。

表1 甘肃省特色农业产业信息
平台综合评价指标体系

序号	一级指标	二级指标
1	平台建设 W_1	整体框架及界面设计 U_{11}
2		信息分类合理及总量 U_{12}
3		特色农业专题数据库 U_{13}
4		信息发布及检索系统 U_{14}
5	服务水平 W_2	产业市场行情的跟踪 U_{21}
6		在线交互及咨询情况 U_{22}
7		特产行业的资讯动态 U_{23}
8	运行情况 W_3	平台点击率综合水平 U_{31}
9		被其他网站链接数量 U_{32}
10		用户实际需要满意度 U_{33}
11		隐私保密及安全稳定 U_{41}
12		平台更新及响应速度 U_{42}
13		信息动态集成化管理 U_{43}

(1) 确定评价指标权重。

将表1中的二级评价指标按不同标准划分为5个等级,10个评分标准,实行10分制。为了使评价结果更具客观性,采用Delphi法和层次分析法来计算权重(计算表略),结果如下:

$$A = (0.42, 0.26, 0.19, 0.13)$$

$$A_1 = (0.46, 0.28, 0.15, 0.11)$$

$$A_2 = (0.45, 0.30, 0.25)$$

$$A_3 = (0.47, 0.32, 0.21)$$

$$A_4 = (0.45, 0.29, 0.26)$$

(2) 确定评价样本矩阵。

5位专家根据平台实际情况及评分标准,对13个二级指标分别进行评分,则评价样本矩阵如下:

$$D_1 = \begin{bmatrix} 9 & 8 & 9 & 8 & 6 \\ 8 & 7 & 10 & 6 & 6 \\ 8 & 10 & 6 & 5 & 2 \\ 7 & 9 & 5 & 8 & 3 \end{bmatrix}$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 7 & 9 & 7 & 6 & 5 \\ 8 & 9 & 6 & 8 & 7 \\ 8 & 7 & 10 & 7 & 6 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 8 & 7 & 6 & 4 & 9 \\ 9 & 4 & 6 & 5 & 5 \\ 7 & 6 & 9 & 10 & 7 \end{bmatrix}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 8 & 7 & 6 & 5 & 7 \\ 8 & 9 & 6 & 6 & 8 \\ 9 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{bmatrix}$$

$$D = (D_1, D_2, D_3, D_4)$$

(3) 确定评价灰类。

根据以上灰色理论表述内容,有“优、良、中、低、差”5个评价灰类,则 $g=5$,即 $e=1,2,3,4,5$,其相应的灰数和白化权函数如下:

第一灰类 $e=1$, $\otimes \in [9, \infty]$,白化权函数为 $f_1(x)$;第二灰类 $e=2$, $\otimes \in [0, 7, 14]$,白化权函数为 $f_2(x)$;第三灰类 $e=3$, $\otimes \in [0, 5, 10]$,白化权函数为 $f_3(x)$;第四灰类 $e=4$, $\otimes \in [0, 3, 6]$,白化权函数为 $f_4(x)$;第五灰类 $e=5$, $\otimes \in [0, 1, 2]$,白化权函数为 $f_5(x)$ 。具体如图1所示。

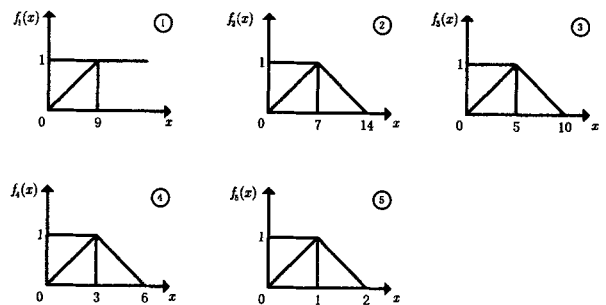


图1 各灰类白化权函数图

(4) 确定灰色评价系数。

对于评价指标 U_{11} ,其灰色评价系数 x_{11k} 为:

$e=1$ 时:

$$x_{111} = \sum_{k=1}^p f_1(d_{11k}) = f_1(9) + f_1(8) + f_1(9) + f_1(8) + f_1(6) = 4.445$$

$e=2$ 时:

$$x_{112} = \sum_{k=1}^p f_2(d_{11k}) = f_2(9) + f_2(8) + f_2(9) + f_2(8) + f_2(6) = 3$$

$e=3$ 时:

$$x_{113} = \sum_{k=1}^p f_3(d_{11k}) = f_3(9) + f_3(8) + f_3(9) + f_3(8) + f_3(6) = 2$$

$e=4$ 时:

$$x_{114} = \sum_{k=1}^p f_1(d_{114}) =$$

$$f_4(9) + f_4(8) + f_4(9) + f_4(8) + f_4(6) = 0$$

$e=5$ 时:

$$x_{115} = \sum_{k=1}^p f_1(d_{115}) =$$

$$f_5(9) + f_5(8) + f_5(9) + f_5(8) + f_5(6) = 0$$

对于评价指标 U_{11} , 其总灰色评价系数 x_{11} 为:

$$x_{11} = \sum_{e=1}^5 x_{11e} = x_{111} + x_{112} + x_{113} + x_{114} + x_{115} = 9.445$$

(5) 计算灰色评价权向量及权矩阵。

5 位专家针对评价指标 U_{11} 属于各灰类的灰色评价权向量记为 r_{11e} , 其计算过程如下:

$e=1$ 时:

$$r_{111} = \frac{x_{111}}{x_{11}} = \frac{4.445}{9.445} = 0.471$$

$e=2$ 时:

$$r_{112} = \frac{x_{112}}{x_{11}} = \frac{3}{9.445} = 0.318$$

$e=3$ 时:

$$r_{113} = \frac{x_{113}}{x_{11}} = \frac{2}{9.445} = 0.212$$

$e=4$ 时:

$$r_{114} = \frac{x_{114}}{x_{11}} = \frac{0}{9.445} = 0$$

$e=5$ 时:

$$r_{115} = \frac{x_{115}}{x_{11}} = \frac{0}{9.445} = 0$$

$$r_{11} = (r_{111}, r_{112}, r_{113}, r_{114}, r_{115}) = (0.471, 0.318, 0.212, 0, 0)$$

同理, 其他评价指标 U_{ii} 对于各灰类的灰色评价权向量计算结果如下:

$$r_{12} = (0.372, 0.386, 0.242, 0, 0)$$

$$r_{13} = (0.337, 0.332, 0.263, 0.067, 0)$$

$$r_{14} = (0.321, 0.336, 0.253, 0.090, 0)$$

$$r_{21} = (0.326, 0.370, 0.276, 0.029, 0)$$

$$r_{22} = (0.387, 0.393, 0.220, 0, 0)$$

$$r_{23} = (0.312, 0.325, 0.182, 0, 0)$$

$$r_{31} = (0.336, 0.356, 0.249, 0.059, 0)$$

$$r_{32} = (0.270, 0.299, 0.319, 0.112, 0)$$

$$r_{33} = (0.400, 0.392, 0.208, 0, 0)$$

$$r_{41} = (0.310, 0.374, 0.287, 0.028, 0)$$

$$r_{42} = (0.379, 0.382, 0.240, 0, 0)$$

$$r_{43} = (0.294, 0.330, 0.291, 0.086, 0)$$

从而得到 U_{ii} 指标对于各评价灰类的综合评价权矩阵 R_{ii} :

$$R_{1i} = \begin{bmatrix} 0.471 & 0.318 & 0.212 & 0 & 0 \\ 0.372 & 0.386 & 0.242 & 0 & 0 \\ 0.337 & 0.332 & 0.263 & 0.067 & 0 \\ 0.321 & 0.336 & 0.253 & 0.090 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{2i} = \begin{bmatrix} 0.326 & 0.370 & 0.276 & 0.029 & 0 \\ 0.387 & 0.393 & 0.220 & 0 & 0 \\ 0.312 & 0.325 & 0.182 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{3i} = \begin{bmatrix} 0.336 & 0.356 & 0.249 & 0.059 & 0 \\ 0.270 & 0.299 & 0.319 & 0.112 & 0 \\ 0.400 & 0.392 & 0.208 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{4i} = \begin{bmatrix} 0.310 & 0.374 & 0.287 & 0.028 & 0 \\ 0.379 & 0.382 & 0.240 & 0 & 0 \\ 0.294 & 0.330 & 0.291 & 0.086 & 0 \end{bmatrix}$$

(6) 对 U_{ii} 进行综合评价。

对 W_1 所属的 U_{1i} 进行综合评价, 其结果记为 B_1 ,

则有:

$$B_1 = A_1 \times R_{1i} = (0.46, 0.28, 0.15, 0.11) \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.471 & 0.318 & 0.212 & 0 & 0 \\ 0.372 & 0.386 & 0.242 & 0 & 0 \\ 0.337 & 0.332 & 0.263 & 0.067 & 0 \\ 0.321 & 0.336 & 0.253 & 0.090 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$(0.407, 0.341, 0.233, 0.020, 0)$$

同理可得:

$$B_2 = (0.341, 0.366, 0.236, 0.013, 0)$$

$$B_3 = (0.328, 0.345, 0.263, 0.064, 0)$$

$$B_4 = (0.326, 0.365, 0.274, 0.035, 0)$$

(7) 对 W_i 进行综合评价。

由 $B_i (i=1, 2, 3, 4)$ 可得信息平台总灰色评价权矩阵 $R = (B_1, B_2, B_3, B_4)$, 进而计算出 W_i 综合评测值, 记为 B 。

$$B = A \times R = (0.364, 0.351, 0.245, 0.066, 0)$$

(8) 计算综合评价值。

由于各评价灰类等级值化向量 $C = (\text{“优”、“良”、“中”、“低”、“差”}) = (100, 85, 75, 55, 40)$, 得到信息服务平台的综合评价值为:

$$X = B \times C^T = (0.364, 0.351, 0.245, 0.066, 0) \times (100, 85, 75, 55, 40)^T = 87.015$$

计算结果介于“优”和“良”之间, 故信息服务平台综合评价为良好。

4 结束语

综合评价结果表明: 甘肃省农业特色产业资源信息服务平台设计合理, 技术达标, 服务水平和运行情况良好, 但平台还需进一步完善和推广, 不断提高建设水平和服务能力。同时, 利用多层次灰色理论评价农业信息平台有效可行, 具有科学、简洁、可操作性强等特

点。但是,利用该理论在确定评价样本矩阵时,由于专家对各指标的理解不同,其评分的主观依赖性较强。因此,还需进一步对评价数据进行差异度分析,并在平台实际应用和推广中不断验证。该研究对定量评价农业信息平台做了一次有益的探索与实践,对其他各类农业信息平台的定量分析评价具有参考借鉴价值。

参考文献:

- [1] 陈关胜. 基于灰色关联度分析法的电子商务网站评价研究[D]. 南昌:江西财经大学,2013.
 - [2] 冯伟,王修来,马宇玲,等. 基于多层次灰色理论的科技资源整合效果评价模型[J]. 技术经济,2009,28(5):16-20.
 - [3] Li Min, Ren Yueying, Zhu Zhu. Usability evaluation of independent-sales B2C fashion website based on consumer's perspective[J]. iBusiness, 2013, 5(3):96-99.
 - [4] 唐飞. 我国新农村建设与多层次灰色理论评价模型研究[D]. 重庆:重庆大学,2009.
 - [5] Li Fangyu, Li Yefei. Usability evaluation of e-commerce on B2C websites in China[J]. Procedia Engineering, 2011, 15(1):5299-5304.
 - [6] 刘虹,孙建军,郑彦宁,等. 网站评价指标体系设计原则评述[J]. 情报科学,2013,31(3):156-160.
 - [7] 周蓓婧,侯伦. 基于层次分析法的团购网站综合评价研究[J]. 管理学家:学术版,2012(2):50-66.
 - [8] 王谨乐. 我国电子商务网站综合评价研究与应用[D]. 合肥:合肥工业大学,2008.
 - [9] 刘雨薇. 我国 B2C 电子商务平台的综合评价研究[D]. 长春:吉林财经大学,2013.
 - [10] 丁志同. 基于多层次灰色理论的高校教师素质绩效评价[J]. 统计与决策,2011(15):67-69.
 - [11] 张健,张再生,李广. 基于多层次灰色理论的乡镇基层公务员胜任力评价[J]. 工业工程,2011,14(2):26-30.
 - [12] 胡容,黄南京. 基于多层次灰色理论的综合评价模型及应用[J]. 四川大学学报:自然科学版,2005,42(5):889-895.
 - [13] Li Hongjun, Suen C Y. A novel non-local means image denoising method based on grey theory[J]. Pattern Recognition, 2016, 49:237-248.
 - [14] 郑运虎,姜峰. 基于多层次灰色评价理论的海洋输油管道安全评估方法[J]. 辽宁石油化工大学学报,2014,34(4):22-26.
 - [15] Liu Sifeng, Forrest J, Yang Yingjie. A brief introduction to grey systems theory[J]. Theory and Application, 2012, 2(2):89-104.
-
- (上接第 119 页)
- [2] 任思颖. 基于大数据的网络用户行为分析[D]. 北京:北京邮电大学,2015.
 - [3] 刘淑鑫. 面向大数据的网络用户行为分析研究[D]. 上海:东华大学,2015.
 - [4] 林嘉晖. 基于数据挖掘的电网用户行为分析系统的设计与实现[D]. 广州:中山大学,2013.
 - [5] Zhan Jie, Huang Jinxin, Niu Lin, et al. Study of the key technologies of electric power big data and its application prospects in smart grid[C]//Proceedings of 6th IEEE PES Asia-Pacific power and energy engineering conference. [s. l.]: IEEE, 2014.
 - [6] 赵云山,刘焕焕. 大数据技术在电力行业的应用研究[J]. 电信科学,2014,30(1):57-62.
 - [7] 卢建昌,樊围国. 大数据时代下数据挖掘技术在电力企业中的应用[J]. 广东电力,2014,27(9):88-94.
 - [8] 陶晓英. 大数据支撑下的客户服务应用探索[J]. 信息通信技术,2014,8(6):14-20.
 - [9] Zin T T, Tin P, Toriu T, et al. A big data application framework for consumer behavior analysis[C]//2013 IEEE 2nd global conference on consumer electronics. [s. l.]: IEEE, 2013:245-246.
 - [10] Guan Jianfeng, Yao Su, Xu Changqiao, et al. Design and implementation of network user behaviors analysis based on Hadoop for big data[J]. Communications in Computer and Information Science, 2014, 490:44-55.
 - [11] Ankur B, Nikita M, Swadesh P, et al. Forecasting consumer behavior with innovative value proposition for organizations using big data analytics[C]//Proceedings of 4th IEEE international conference on computational intelligence and computing research. [s. l.]: IEEE, 2013:1-4.
 - [12] Liu Hong. Discussion on the statistical analysis method[C]//7th international joint conference on computational sciences and optimization. [s. l.]: [s. n.], 2014:383-385.
 - [13] Khandare A, Alvi A S. Survey of improved k-means clustering algorithms; improvements, shortcomings and scope for further enhancement and scalability[M]//Information systems and intelligent application. [s. l.]: [s. n.], 2016:495-503.
 - [14] 耿筱媛,张燕平,闫屹. 改进的 K-means 算法在电信客户细分中的应用[J]. 计算机技术与发展,2008,18(5):163-167.