

基于改进型 SLP 法的仓储中心布局优化研究

郑婉婷, 王珍珍

(福建师范大学 经济学院, 福建 福州, 350007)

[摘要] 针对仓储中心存在的布局模式不合理、布局方法不成熟等问题, 在传统 SLP 方法的基础上融入 EIQ-ABC 分析法, 明确不同货物的分布需求, 综合考虑 EIQ-ABC-SLP 的分析结果得出备选方案, 利用模糊综合评价法对优化方案量化择优。以 D 食品公司的仓储中心为例, 对改进型 SLP 布局方法的科学性和适用性予以了验证, 研究结果表明, 改进型 SLP 法能够有效提高仓储中心的工作效率, 在优化仓储中心布局方面有切实的理论意义和实践价值。

[关键词] 布局规划; EIQ-ABC 分析法; SLP 法; 模糊综合评价

[中图分类号] F426 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-3300 (2021) 06-0043-07

作为供应链的重要组成部分, 仓储是连接生产制造和销售服务的关键桥梁, 高效的仓储运营模式不仅能够有效降低运营成本, 还能及时响应客户需求。仓储效率受到多方面因素的影响, 其中仓储布局规划起到很大的影响作用。例如在 D 食品公司的仓储中心内, 因平面布局不科学、功能区划分不合理等问题, 导致仓储中心内部物流动线交错, 影响仓储中心的集中管理及资源的整合, 随着企业规模的不断扩大, 原有的仓储中心已经无法满足 D 公司当下的物流需求。美国学者 Richard Muther 提出的系统布局设计法 (Systematic Layout Planning, 简称 SLP) 是解决仓储布局优化问题的传统方法^[1]。由于 SLP 法在实际操作中受限, 在其发展过程中被不断优化, 本文拟在已有 SLP 方法的基础上, 保留其关系量化和系统分析的核心内容、特点, 针对其存在的弊端进行改进, 提出一套更为完善的布局方法。

一、文献综述

SLP 法在仓储布局优化领域的运用较为广泛,

李伟^[2]等采用 SLP 法对福州市某一地铁施工场地进行布局优化; 张祖荻^[3]等运用 SLP 法对 H 电商公司的仓库进行布局优化; 张永强^[4]等采用优化后的 SLP 法并结合 SHA 法对某林产品原料供应仓库的仓储布局进行重新布局。这些学者较为单一地运用 SLP 方法, 但该方法更多地依赖于经验和直觉的定性分析, 主观判断因素过多, 缺乏科学性及客观性。

一部分学者将数学算法及模型运用到布局优化问题中, 减少了主观判断的因素。艾云平^[5]等建立了弹药仓库布局优化的数学模型, 运用遗传算法分析弹药仓库的布局, 为解决弹药仓库布局优化问题提供了新思路; 曹霞^[6]等采用改进克隆选择算法克服现有仓储布局优化策略中存在的诸多缺陷; 戴波^[7]等提出了符合危化品垛位布局优化问题的离散粒子群算法, 优化了通道和垛位的位置布局, 有效提高了货物堆垛的仓储利用率。但布局优化问题往往涉及到较多的影响因素, 仅采用数学模型求解难以全面考虑到所有的影响因素。还有一些学者将定

收稿日期: 2021-09-24

基金项目: 福建师范大学经济学院理论经济学高水平培育项目“双循环新发展格局下我国产业链供应链现代化研究”(Z202105)。

作者简介: 郑婉婷 (1998-), 女, 福建泉州人, 硕士研究生, 研究方向: 物流与供应链管理;

王珍珍 (1982-), 女, 福建泉州人, 副教授, 博士, 研究方向: 物流与供应链管理。

性方法和定量方法结合起来,发挥双方的优势部分,取长补短,在保证科学性和客观性的同时又能考虑到尽可能多的影响因素,确保准确性。孙昕^[8]等采用SLP法和改进粒子群算法为解决产品布局优化问题提供了新途径;邓兵^[9]等将SLP法和遗传算法相结合实现了对车间设备布局的优化;赵敬源^[10]等引入马尔科夫链改进SLP法并在某物流园中进行验证。

综上所述,在研究仓储中心布局问题中,SLP法的运用较为广泛,并且学者们在研究时往往会改进SLP法,增加更多定量分析的部分,但较少从货物的出入库规律上考虑仓储布局优化。货物的出入库特征是影响仓储中心运营效率的重要因素,因此,本文拟在考虑客户订单数据规律的基础上,采用改进型的SLP布局法对仓储中心的布局实施优化。

二、改进型 SLP 法模型构建

(一) 改进型 SLP 法基本思想

传统仓储中心布局优化的方法有摆样法、数学模型法、图解法以及系统设计布局法(SLP法),其中,SLP法通过分析各个不同的功能区之间的物流强度,包括物流相关性分析以及非物流相关性分析,来帮助确定各个功能区的具体位置,以达到仓储中心功能区布局优化的目的。

本文在SLP的基础上综合考虑EIQ分析法和ABC分类法,提出改进型的SLP法。其中,EIQ分析法(订单品项数量分析法)可为仓储中心提供划分依据,通过客户订单的货物品项、订货数量及订货次数分析货物的出库特征;IQ分析确定货物的库存数量,可以作为货物分类储存的依据;IK分析确定货物的出库频率,可用于储位的划分及位置分配。ABC分类法是仓储管理中常用的分析方法,根据标准将货物划分为少数的重要物资(A类)、次重要物资(B类)以及一般物资(C类),有助于压缩库存总量、减少库存资金、优化库存结构。在进行仓储布局优化方案的评价选择时,模糊综合评价法根据模糊数学的隶属度理论将定性评价转化为定量评价,能较好地解决难以量化的问题。

(二) 改进型 SLP 法实施流程

在仓储中心的布局规划中,需依据货物的进出库数量和频率合理安排仓库的位置及大小,以实现仓储布局的合理化,提高仓容利用率。首先,以仓

储中心的历史订单为数据来源,分别对货物品类的出库量和出库频次进行IQ和IK分析,并在此基础上进行IQ、IK交叉分析,明确不同品类货物的出入库特征及分布需求。接着,按照标准将货物分为A、B、C三类,针对不同类别的货品特征进行差别管理。其次,应用SLP法设计货物间的联系强度,根据量化值将强度等级分为A、E、I、O、U。通过从至表法判断货物量的流动比例,得到功能分区之间的物流相关性程度及非物流相关性程度,并按照一定比例计算得到综合物流相关性程度,确定各功能分区之间的密切等级和货物仓位布局的相对位置需求。最后,结合EIQ-ABC分析的结果,依据货物的进出数量、频率及相关密切程度进行合理的布局规划,得到初步的备选方案。建立决策指标体系并确定各指标的权重,根据模糊综合评价法的隶属度对评价指标进行描述。建立模糊评价矩阵,运用模糊变化原理,对备选的优化方案进行综合评判,确定最终的仓储中心布局优化方案。

三、实例应用与分析

(一) D 食品公司仓储中心的布局现状

D食品公司的仓储中心内共有10大产品品类,其中I1、I2属于饮料类;I3、I4属于饼干类;I5、I6属于薯片类;I7、I8、I9属于糕点类;I10属于冷冻类。该仓储中心的面积规模为200m×150m,总面积共30000m²,整体呈现为一个“1”型的仓储中心。其大致的布局情况如图1所示:

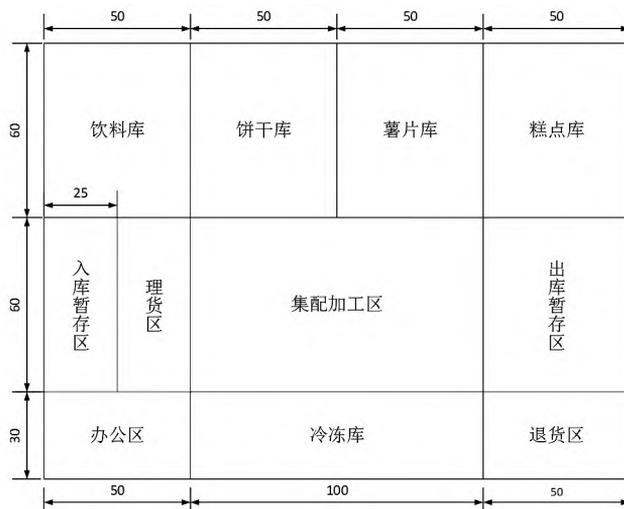


图1 D食品公司仓储中心布局现状/m

Fig. 1 Current layout of storage center of D food company/m

(二) D食品公司仓储中心布局存在的问题

调研发现, D食品公司仓储中心布局存在以下问题: 在入库区及出库区, 未对装卸搬运区和暂时存放区进行区分, 不利于作业效率的提升; 储存区仓库分散在不同位置, 不利于仓储中心的整体管理和资源共享, 货物在出入库过程中会出现路线迂回、动线交错复杂的问题, 降低作业效率, 造成人力、物力的浪费; 另外, 各仓库的大小没有根据货物量的出入库情况进行区分安排, 会造成有的仓库面积浪费而有的仓库面积不足的现象; 在加工区未细分出分拣货物和流通加工的区域, 当货物出库量大时, 会出现货物拥挤混乱的现象, 降低作业效率; 除此之外, 没有专门的区域供机械设备停放, 导致设备会因未被妥善保管和维护出现损坏, 存在安全隐患。

根据D食品公司的业务情况和流程, 决定将入库暂存区细分为收货站台和暂存区两部分, 将集配加工区细分为分拣区和流通加工区两部分, 将出库暂存区细分为发货站台和暂存区两部分, 并增加设备停放区。

(三) D食品公司仓储中心布局优化

1. EIQ定量分析

采用D食品公司仓储中心过去一个月的订单信息作为初始数据来源, 将所有品类的订货量和出库频次按照降序进行排序, 在IQ、IK分析的基础上进一步进行IQ、IK的交叉分析, 结果如图2所示。

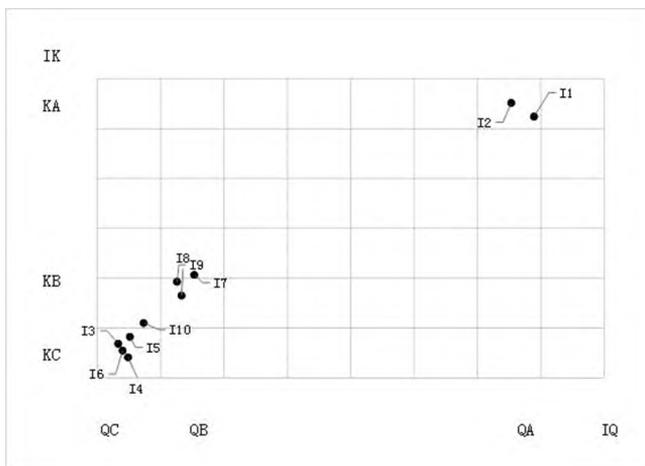


图2 IQ、IK交叉分析图

Fig. 2 Cross analysis of IQ and IK

根据IQ分析结果, 可将货物分为QA、QB和QC三类, QA包括两项品类, 占总品类数量的20%, 出库量占总出库量的67%; QB包括三项品

类, 占总品类数量的30%, 出库量占总出库量的21%; QC包括五类品类, 占总品类数量的50%, 出库量占总出库量的12%。根据IK分析结果, 可将货物分为KA、KB、KC三类, KA包括两项品类, 占总品类数量的20%, 出库频次占总频次的54%; KB包括三项品类, 占总品类数量的30%, 出库频次占总频次的28%; KC包括五类品类, 占总品类数量的50%, 出库频次占总频次的18%。

按照ABC分类法, A类货物代表出库频繁且出货量大的品类, B类货物为出库频率高且出货量大的品类, C类货物属于出库频率低且出货量小的品类。所以根据图2分析结果, 将I1、I2划分为A类货物, I7、I8、I9划分为B类货物, I3、I4、I5、I6、I10划分为C类货物。根据货物分类及其所属仓库可得, 饮料库为A类货物仓库, 糕点库为B类货物仓库, 饼干库、薯片库、冷冻库为C类货物仓库。因此, 在五个仓库的大小和位置分配中, 饮料库应该设置在距离入库理货区和出库分拣区最近的区域, 且仓库面积最大; 糕点库应该设置在离进出库较近的位置, 面积大小适中; 饼干库、薯片库和冷冻库相对于A、B两类货物仓库来说, 可以设置在距离进出库较远的区域内, 且面积可以适当缩小。

2. 物流相关性分析

物流相关性的分析主要是根据仓储中心的货物量流动情况进行划分, 若两个物流单位或部门之间的货物量流动比例越高, 它们之间的密切关系程度就越高。按照各个分区之间的联系程度将其关系分为绝对重要物流强度、特别重要物流强度、重要物流强度、一般物流强度、可忽略物流强度五个等级, 对应的物流关系比例为>50%、30%~50%、10%~30%、0%~10%, 0, 对应的量化值 M_{ij} 和符号分别为4、3、2、1、0和A、E、I、O、U。紧接着, 对仓储中心内部的货物量流向进行统计、分析及总结, 得到仓储中心内部的货物量流动从至表(见表1)。其中: 数字1至15分别表示入库收货站台、入库暂存区、理货区、饮料库、饼干库、薯片库、糕点库、冷冻库、分拣区、流通加工区、出库暂存区、出库发货站台、退货区、设备停放区、办公区。

根据各个功能分区之间的货物量比例大小分别赋予其物流强度等级和量化值, 得到的物流相关图结果如图3所示。

表 1 各功能分区货物量流动从至表/%

Tab.1 Cargo flow from/to chart in each functional area/%

至	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
从															
1		100													
2			100												
3				20	20	18	20	17							5
4									40						3
5									45						1
6									35						2
7									48						7
8									20						1
9										67					4
10											100				
11												100			
12															
13															
14															
15															

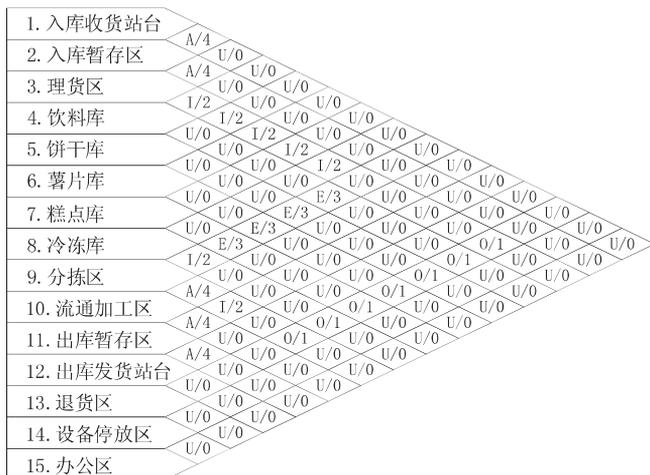


图 3 物流相关性分析图

Fig. 3 Logistics correlation analysis chart

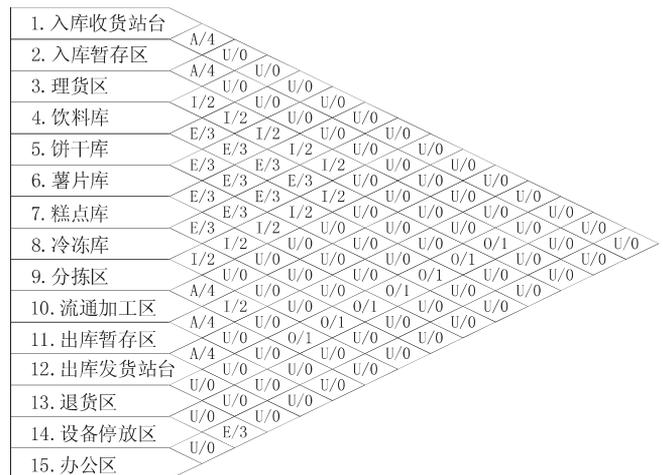


图 4 非物流相关性分析图

Fig. 4 Non-logistics correlation analysis chart

3. 非物流相关性分析

各个功能分区之间非物流关系的密切程度按照作业流程是否连续、作业性质是否相似、工作联系频繁程度、是否便于管理等可分为绝对重要非物流强度、特别重要非物流强度、重要非物流强度、一般非物流强度、可忽略非物流强度等五个层次，对应的量化值 N_{ij} 和符号分别为 4、3、2、1、0 和 A、E、I、O、U。最终得到的非物流相关图结果如图 4 所示。

4. 综合物流相关性分析

考虑了仓储中心内各个功能分区之间的物流相关性和非物流相关性，并已得到初步结果，接下来对这两种相关关系进行综合考虑，按照 $M_{ij} : N_{ij} = 2 : 1$ 的比例得到综合物流关系密切程度 C_{ij} ，即：

$$C_{ij} = 2M_{ij} + N_{ij} \quad (1)$$

其中， C_{ij} 表示综合物流关系密切程度， M_{ij} 表示物流关系密切程度， N_{ij} 表示非物流关系密切程度。将计算得出的结果分为绝对重要强度、特别重要强

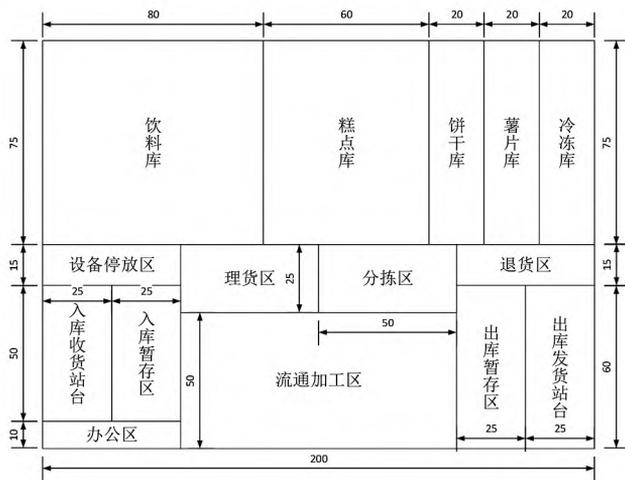


图 8 优化方案布局图三/m

Fig. 8 Layout of optimization scheme 3/m

(五) 优化方案择优分析

1. 模糊综合评价法择优

首先，根据相关专家的建议，建立 D 食品公司仓储中心决策指标体系，并通过专家评价法得到各指标的权重。一级指标包括工作效率和可实施性，权重分别为 0.6 和 0.4，在工作效率下的二级指标包括布局合理性和物流连续性，权重分别为 0.5 和 0.5，在可实施性下的二级指标包括成本高低和管理便利，权重分别为 0.65 和 0.35。

其次，对 D 食品公司仓储中心布局优化方案中因素的模糊综合评判。评判因素采用专家评价法，组织仓储布局及物流方面的相关专家，对数据处理后得到各个因素的模型综合评判，方案一、方案二、方案三在布局合理性、物流连续性、成本高低、管理便利等四个因素上的数值分别为 0.76、0.93、0.64、0.75； 0.83、0.89、0.72、0.75； 0.81、0.76、0.74、0.75。

然后，根据多级模糊综合评价的原理，对三个方案进行一级模糊综合评价。

$$\text{权重 } A_1 = [0.50 \quad 0.50]$$

$$\text{权重 } A_2 = [0.65 \quad 0.35]$$

$$\text{单因素评价矩阵 } R_1 = \begin{bmatrix} 0.76 & 0.83 & 0.81 \\ 0.93 & 0.89 & 0.76 \end{bmatrix}$$

$$\text{单因素评价矩阵 } R_2 = \begin{bmatrix} 0.64 & 0.72 & 0.74 \\ 0.75 & 0.75 & 0.75 \end{bmatrix}$$

已知单因素评价矩阵 R_i 及权向量 A_i ，由 $B_i = A_i$

$\odot R_i$ 进行一级模糊综合评价，求出一级模糊综合评价价值 B_i ($i=1, 2, 3, 4$) 分别为：

$$B_1 = A_1 \odot R_1 = [0.845 \ 0 \ 0.860 \ 0 \ 0.785 \ 0]$$

$$B_2 = A_2 \odot R_2 = [0.678 \ 5 \ 0.730 \ 5 \ 0.743 \ 5]$$

最后，根据多级模糊综合评价的原理，对三个方案进行二级模糊综合评价。

$$\text{权重 } A = [0.6 \quad 0.4]$$

二级模糊综合评价的单因素评价矩阵应为一级模糊综合评价矩阵 $R = [B_1, B_2]^T$ ，则：

$$R = \begin{bmatrix} 0.845 \ 0 & 0.860 \ 0 & 0.785 \ 0 \\ 0.678 \ 5 & 0.730 \ 5 & 0.743 \ 5 \end{bmatrix}$$

$$B = A \odot R = [0.778 \ 4 \quad 0.808 \ 2 \quad 0.768 \ 4]$$

由以上模糊综合评判结果可知，三个优化备选方案中的候选顺序为方案二、方案一、方案三，即若选择一个优化方案，方案二为最优的备选方案。

2. 优化方案分析

最终得出的优化方案没有改变 D 食品公司仓储中心原本的“1”型布局，在优化过程中无需大幅度变动出入口的位置，降低了优化成本，提高了优化方案的可行性。对入库区和出库区分别进行了细分，在预防货物因堆积造成损坏、保障货物安全的同时，有效地提高了作业效率。仓库的集中便于整体管理及资源共享，提高效率、节省成本。优化后的仓库大小和位置根据货品的出入库特征进行重新分配，提升了仓库利用率。由于冷冻库内的设施设备较为特殊，不易变动，优化方案未大幅变动冷冻库的位置，降低优化成本，提高方案可行性。将加工区细分成分拣区和流通加工区，两个区域各司其职，避免了货物拥挤混杂的问题，节省作业劳动时间，提高作业效率。相较于初始的布局模式，优化后的布局方案中增添了设备停放区，设施设备和人员的安全都得到了保障。

四、结语

仓储作业是现代物流体系中至关重要的一个环节，本文以 D 食品公司仓储中心为例，基于改进型的 SLP 方法对仓储中心的布局进行优化，所得出的方案能够有效解决仓储中心管理不便、物流动线迂回、作业效率低下等问题，大大降低仓储中心的运营成本，提高作业效率。在未来的研究中可以运用

虚拟现实技术如仿真模型工具对仓储优化方案的适用性和可行性进行验证,根据仿真的结果对优化方案不断进行调整和改进,以求得到更具有科学性和操作性的布局方案,助力仓储中心更好地运营。

参考文献:

- [1] 杨宝德.加强企业物流研究是提高效益的重要途径——纪念国际物流专家理查德·缪瑟来华讲授SHA、SLP 20周年[J].工程建设与设计,2003(7):51-52.
- [2] 李伟,阳富强.基于SLP的地铁施工场地安全布局优化方案[J].中国安全科学学报,2019,29(1):161-166.
- [3] 张祖荻,胡明琦.基于SLP方法对仓库布局优化研究——以H电商公司仓储管理为例[J].时代金融,2020(23):161-163.
- [4] 张永强,李星圆,赵尘.基于SLP和SHA的林产品仓储布局优化[J].林业工程学报,2021,6(1):171-177.
- [5] 艾云平,刘琼,吴新明,等.基于遗传算法的弹药仓库布局优化研究[J].包装工程,2007(10):138-139,158.
- [6] 曹霞,曹民.基于改进克隆选择算法的仓储布局优化设计[J].控制工程,2020,27(2):329-334.
- [7] 戴波,林双双,张岩,等.基于改进离散粒子群算法的危化品仓库垛位布局优化研究[J].大连理工大学学报,2020,60(3):285-292.
- [8] 孙昕,吉晓民,王毅.基于SLP和改进粒子群算法的产品布局优化方法研究[J].西安理工大学学报,2016,32(4):488-493.
- [9] 邓兵,林光春.改进SLP和遗传算法结合的车间设备布局优化[J].组合机床与自动化加工技术,2017(8):148-151,156.
- [10] 赵敬源,吕楠.基于改进SLP法的物流园区布局[J].长安大学学报(自然科学版),2020,40(3):100-108.

Research on Warehouse Center Layout Optimization Based on Improved SLP Method

ZHENG Wanting, WANG Zhenzhen

(College of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: In view of the unreasonable layout mode and immature layout method of the storage center, an integrated improved SLP layout method is proposed. Based on the traditional SLP method, the EIQ-ABC analysis method is integrated to clarify the distribution requirements of different goods, comprehensively consider the analysis results of EIQ-ABC-SLP to obtain the alternative scheme, and use the fuzzy comprehensive evaluation method to quantify and select the optimal scheme. Taking the warehouse center of D food company as an example, the scientificity and applicability of the improved SLP layout method are verified. The research results show that the improved SLP method can effectively improve the work efficiency of the warehouse center and has important theoretical significance and practical value in optimizing the layout of the warehouse center.

Key words: layout planning; EIQ-ABC analysis method; SLP method; fuzzy comprehensive evaluation

(责任编辑:杨成平)