

基于用户需求的丘陵果园运输车设计

周红宇, 胡涛, 许德骅
(湖北工业大学, 武汉 430068)

摘要: **目的** 丘陵果园运输机械化是发展果园经济的重要环节, 也是现代农业发展的重要方向。为解决丘陵果园的运输问题, 提高果园的运输经济效益, 需要设计出满足多运输需求的果园运输机械。**方法** 对果园用户进行需求调研, 寻找丘陵果园果农的运输需求点。结合层次分析法建立指标体系层次模型, 获得果园用户各需求因素的权重值, 以此进行方案设计, 通过模糊综合评价法对最终方案进行评价与筛选。**结果** 得到丘陵果园运输车方案设计评价模型, 对小车方案进行优化, 最终设计出满足丘陵果园用户需求的果园运输车。**结论** 针对丘陵果园运输需求的复杂性及果园运输机械创新设计的科学性, 将层次分析法与模糊综合分析法相结合, 是丘陵果园运输机械化产品开发的重要方法, 为农业机械现代化创新设计提供了新的设计思路与研究方向。

关键词: 丘陵果园运输; 农业现代化; 用户需求; 层次分析; 机械化

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0306-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.037

Innovative Design of Orchard Transport Vehicle Based on User Demand

ZHOU Hong-yu, HU Tao, XU De-hua
(Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: The mechanization of hilly orchard transportation is an important link in the development of orchard economy and an important direction of modern agricultural development. The paper aims to solve the problem of hilly orchard transportation and improve the economic benefit of orchard transportation, which is imperative to design orchard transportation machinery to meet the needs of multi-transport. Following the investigation of orchard user demand, the transportation demand point of fruit farmers in hilly orchard is found, and the hierarchical model of index system is established by AHP to obtain the weight value of each demand factor of orchard user, and the scheme design is carried out based on this. Then by fuzzy comprehensive evaluation, the final scheme evaluation and screening are carried out. The evaluation model of the scheme design of the hilly orchard transport vehicle is obtained, and the scheme of the trolley is further optimized. Finally, the orchard transport vehicle meeting the needs of the users of the hilly orchard is designed. In view of the complexity of the transportation demand of hilly orchard and the scientific nature of the innovative design of orchard transportation machinery, the combination of hierarchical analysis and fuzzy comprehensive analysis is an important method to achieve the development of mechanized products of hilly orchard transportation. At the same time, it provides design ideas and research direction for agricultural machinery modern innovative design.

KEY WORDS: hill orchard transport; agricultural modernization; user needs; hierarchical analysis; mechanization

我国是世界上较大的果品生产国之一, 果树种植面积和规模均处于世界前列^[1]。据统计, 2018年我国果园的种植面积达 $1.19 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 其中大部分主要集

中在丘陵地带, 因此, 在果园运输作业中往往需要大量的劳动力^[2-3]。农业机械化是实现农业现代化的关键, 也是推动果园经济结构发展的必要环节^[4]。随着

收稿日期: 2022-01-10

基金项目: 湖北省教育厅教学研究项目(2021309); 湖北省教育厅哲学社会科学基金项目(21Q080)

作者简介: 周红宇(1984—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为工业设计。

通信作者: 许德骅(1991—), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向为产品设计、设计与品牌策略。

城镇化的发展,农村劳动力逐渐流失,增加了农业雇工成本,降低了农业生产收益^[5]。针对丘陵地区特殊的地理环境,许多学者对丘陵果园机械进行了大量的研究,特别是在机械结构、机电一体化和控制系统等方面,如李敬亚^[6]针对无运输道路的山地果园,设计了山地果园单轨运输机;邹海兵^[7]针对运输机动力不足等问题,研究设计了一种轮式果园作业平台液压系统;魏峰等^[8]针对运输车无线控制等问题,设计了一种全液压驱动履带式拖拉机,能够实现小车的精确行走;吴伟斌等^[9]为解决果园运输的适应性问题的,设计了一款双履带微型运输机。以上研究侧重于分析果园运输机械的结构及技术,对果园机械研发制造有一定的研究价值,但在用户需求等方面,缺少全面的分析。用户需求是产品研发的重要理论依据,决定了产品创新设计的方向^[10]。近年来,通过用户需求进行产品创新设计的研究越来越多,但在果园运输机械化方面的研究非常少。文中从用户需求角度出发,通过问卷、用户访谈、文献综述等形式寻找需求因子,结合层次分析法(AHP)及模糊综合评价法进行客观的分析,以期为丘陵果园运输提供创新性的解决方案,为丘陵果园运输机械化的发展提供重要的理论依据。

1 丘陵果园运输用户需求分析

用户需求具有模糊性、复杂性和动态性^[11],收集到的用户调研信息,往往需要经过处理才能作为适合的设计参考。随着现代化的推进,丘陵果园逐渐向规模化、产业化方向发展^[12]。用户需求调研是了解丘陵果园现代化发展的关键环节,一般通过市场调研、数据分析、竞品对比^[13]等方式来获取用户需求。我国丘陵果园运输机械化发展的起步较晚,大部分集中在偏远的农村。下面将从 2 个方面对用户进行研究,一方面通过农户访谈了解果园运输现状,收集用户需求点;另一方面,通过新闻媒体、文献检索等方式寻找创新点。

1.1 用户调研分析

受多因素的影响,丘陵果园劳动力的老龄化、妇女化问题依旧突出^[4]。在调研初期,首先通过文献检索等方式,收集丘陵果园运输中存在的问题,并制作调研问卷,然后通过访谈的形式,对湖北周边丘陵果园进行调研,对 80 多位农户进行问卷访谈,去掉其中重复和不完整的部分,收回有效问卷 76 份,有效率约为 92.7%。为了全面地了解用户的需求,对收集到的问卷调研信息进行整理、归纳,并对用户进行分类。根据不同的果园经营面积,将果园用户分为 A、B、C 等 3 种类型。A 型为大型果园经营农户,其果园种植面积较大,运输距离较长,对运输需求的要求高,通常采用雇工模式,是此次研究的主要对象。B 型为中型果园经营农户,其果园经营面积适中,通常根据不同的果园经营状态进行分工,有时雇佣。C 型

为小型果园经营农户,其果园种植面积较小,一般采用自营模式。用户分析见表 1。

表 1 用户分析
Tab.1 User analysis

用户类型	管理模式	果园特征	运输成本
A 型	雇工	种植面积大、 运输距离远	高
B 型	雇工+自营	种植面积适中、 运输距离较短	较高
C 型	自营	种植面积较小、 运输距离短	较低

1.2 需求调研分析

产品研发受多种因素与条件的影响,其设计方向往往需要通过调研来验证^[14]。根据上述调研结果,对用户反馈信息进行梳理,并对其需求进行重新描述。经过整理,最终得到 22 项原始需求(S_1 — S_{22}),见表 2。结合层次结构模型对 22 项需求进行归类,得到结构属性、经济属性、美学属性、人机属性 4 个研究方向。

表 2 用户需求分析
Tab.2 User needs analysis

需求序号	需求描述	需求序号	需求描述
S_1	价格合理	S_{12}	设备减震性能好
S_2	利用率高	S_{13}	爬坡能力强
S_3	设备耐用	S_{14}	自动翻斗
S_4	容易维修及保养	S_{15}	车厢有排水槽
S_5	易上手、易操作	S_{16}	自动跟随
S_6	色彩简单	S_{17}	设备稳定性强
S_7	载货量大	S_{18}	结构简单
S_8	安全系数高	S_{19}	外观造型简单
S_9	设备灵活	S_{20}	色彩简单
S_{10}	设备轻巧、易运输	S_{21}	运输噪音小
S_{11}	功能多样	S_{22}	设备节能环保

2 果园运输小车模糊综合评价系统构建

2.1 果园运输小车模糊综合评价流程

模糊层次分析法,是一种将定量与定性相结合的系统分析方法^[15],即先对影响因子进行层次划分,再通过模糊数学法进行整体性的综合评价^[16]。果农用户需求受众多因素的影响,首先运用层次分析法对需求因素进行定量分析,构建需求层次结构模型,并进行一致性检验,若检验合格($CR < 0.1$),则可通过权重值比重进行方案设计;若检验不合格($CR > 0.1$),则需要重新进行用户调研分析,具体操作流程见图 1。

2.1.1 建立指标体系层次结构

通过小组讨论,对得到的 22 项需求因子进行整理和归类,得到 4 项层次指标,分别为技术属性、美

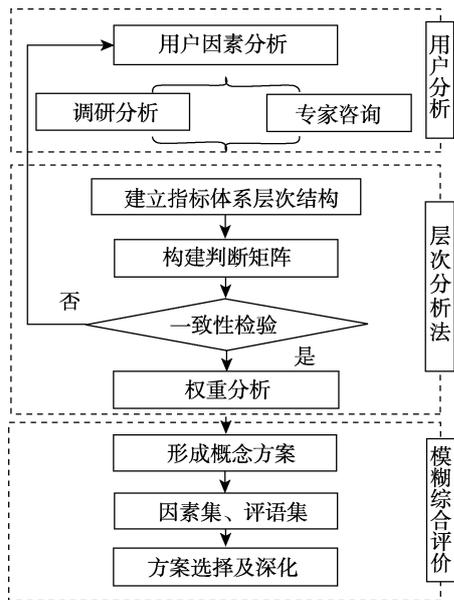


图1 丘陵果园运输小车需求性综合评价流程
Fig.1 Comprehensive evaluation process of demand of trolley transport in hilly orchard

学属性、人机属性、经济属性。利用层次分析法，建立指标体系层次结构，见图2。指标体系结构分为3层，第1层为目标层A，表示丘陵果园运输的总需求。第2层为准则层B，包括功能属性B₁、美学属性B₂、

人机属性B₃、经济属性B₄等4个部分。第3层为子准则层C，是对原始需求的总结。其中，功能属性B₁包括6个指标，分别为自动化控制C₁₁、设备调平C₁₂、设备减震C₁₃、运输方式多样性C₁₄、人机跟随C₁₅、自动装载C₁₆。美学属性B₂包括4个指标，分别为表面装饰C₂₁、结构简单C₂₂、色彩搭配合理C₂₃、整体造型统一C₂₄。人机属性B₃包含4个指标，分别为设备简单易操作C₃₁、安全性C₃₂、符合人机工程C₃₃、设备灵活稳定C₃₄。经济属性B₄包括6个指标，分别为材料绿色环保C₄₁、价格合理C₄₂、设备便携轻巧C₄₃、设备利用率高C₄₄、便于维修保养C₄₅、设备载货量大C₄₆。

2.1.2 构建判断矩阵及权重计算

判断矩阵的构建是层次分析法中的重要环节，利用 Saaty 标度法^[17]对各层次的因素进行打分，计算其平均值，最终构建出判断矩阵V，其中C_{mn}为两因素之间重要程度的比值：

$$V = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & \dots & C_{2n} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & \dots & C_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{m1} & C_{m2} & C_{m3} & \dots & C_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

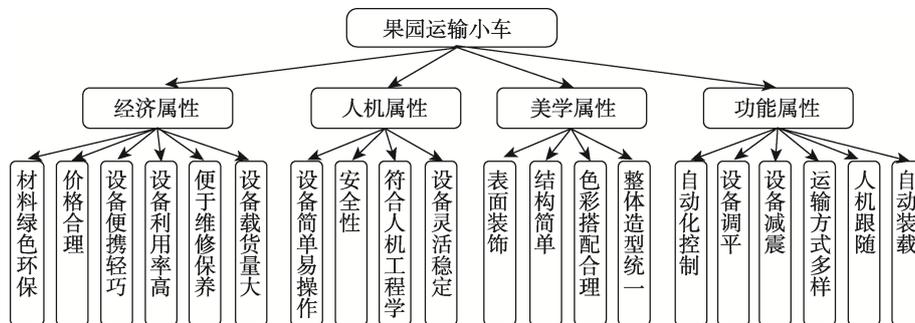


图2 果园运输小车需求性评价模型
Fig.2 Evaluation model of demand of orchard trolley

首先对判断矩阵V横向和纵向分别求和，并进行归一化处理，分别计算得出各层次的权重向量w_n，然后求取其判断矩阵的最大特征根λ_{max}：

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Vw)_i}{w_i} \quad (2)$$

2.1.3 判断矩阵一致性检验

一致性指标CI是衡量判断矩阵偏离程度的一个尺度。在数据处理时，难免出现自相矛盾的问题，因此，需要对判断矩阵进行一致性检验^[18]。如式(3)，当结果CR=CI/RI<0.1时，表示判断矩阵V具有满意的一致性：

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

2.1.4 模糊综合评价

针对果园运输车设计方案，建立评价指标因素集U，满足U={U₁,U₂,U₃,...U_n}，其中n表示评价因子的个数，同时建立评语集M，M={M₁,M₂,...M_x}，x为评语集的等级。

根据评语集M对模糊子集中的单个指标因素U_n进行评价，得到每个指标因素在评语集M上的隶属度，记为模糊评价矩阵N：

$$N = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

将指标层权重向量W与对应模糊评价矩阵N相乘，分别计算出各目标方案的评价结果G：

$$G = W \times N = W_n \times \begin{vmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{vmatrix} \quad (5)$$

3 实例研究

丘陵果园运输车是发展丘陵果园经济的重要部分, 根据其运输方式的不同, 果园运输车大概可以分为轮式果园运输车、履带式果园运输车、轨道式果园运输车 3 种类型。我国果园机械化的发展较晚, 且受地形、经济等因素的影响, 很多丘陵地区的果园运输仍然靠人工背运完成, 极大地影响了运输效率, 不利于现代果园机械化的发展。此次研究以解决丘陵果园的横向运输问题为主, 因此, 选择履带式运输车作为研究对象。履带式果园运输车结构相对简单, 主要包括电机、蓄电池、运输果箱、履带、减震弹簧、控制开关、托带轮、张紧轮、驱动轮、承重轮、机械悬臂、控制系统等部分, 见图 3。

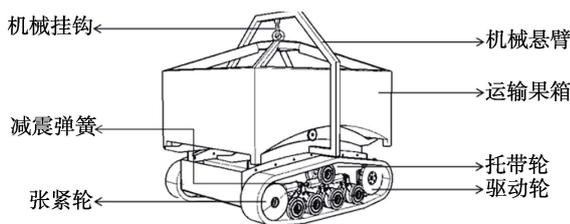


图 3 履带运输车结构

Fig.3 Chart of structure of tracked transport vehicle

3.1 评价指标权重计算

对上述问卷调研数据进行分类整理, 统计各需求因子出现的频率, 按照从大到小的顺序进行排序, 以确定各层次指标的重要程度。为确保数据的准确性, 实验邀请 2 名专家对统计结果进行调整, 最终确定的各指标重要度评分, 见表 3—7。

表 3 准则层各指标权重值 1
Tab.3 Weight of indicators in the criteria layer 1

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	W ₁
C ₁	1	7	3	2	0.477 7
C ₂	1/7	1	1/5	1/6	0.049 3
C ₃	1/3	1/2	1	1/2	0.293 7
C ₄	1/3	5	6	1	0.179 3

表 4 子准则层各指标权重值 2

Tab.4 Weight values of indicators in sub-quadratic layers 2

	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	W ₂
C ₁₁	1	3	5	2	7	1	0.292 1
C ₁₂	1/3	1	2	1/3	3	1/5	0.085 6
C ₁₃	1/5	1/2	1	1/6	2	1/7	0.049 1
C ₁₄	1/5	3	6	1	5	1/2	0.201 3
C ₁₅	1/7	1/3	1/2	1/5	1	1/7	0.035 5
C ₁₆	1	5	7	2	7	1	0.336 4

表 5 子准则层各指标权重值 3

Tab.5 Weight values of indicators in sub-quadratic layers 3

	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	W ₃
C ₂₁	1	2	4	5	0.491 5
C ₂₂	1/2	1	3	4	0.305 9
C ₂₃	1/4	1/3	1	2	0.124 9
C ₂₄	1/5	1/4	1/2	1	0.077 7

表 6 子准则层各指标权重值 4

Tab.6 Weight values of indicators in sub-quadratic layers 4

	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	W ₄
C ₃₁	1	3	2	5	0.472 3
C ₃₂	1/3	1	1/2	3	0.169 7
C ₃₃	1/2	2	1	4	0.285 4
C ₃₄	1/5	1/3	1/4	1	0.072 5

表 7 子准则层各指标权重值 5

Tab.7 Weight values of indicators in sub-quadratic layers 5

	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅	C ₄₆	W ₅
C ₄₁	1	2	1/3	1/5	3	1/6	0.070 6
C ₄₂	1/2	1	1/5	1/6	4	1/7	0.051 1
C ₄₃	3	5	1	1/2	5	1/5	0.155 2
C ₄₄	5	6	2	1	5	1/2	0.255 7
C ₄₅	1/3	1/4	1/5	1/5	1	1/9	0.029 7
C ₄₆	6	7	5	2	9	1	0.437 8

根据层次结构模型构建果园运输小车需求性分析评价指标, 其中包括准则层 B 和子准则层 C, 通过式 (1) — (2) 计算各层次权重向量, 分别得到准则层 B₁—B₄ 的权重 W₁ 及子准则层 C₁₁—C₄₆ 的权重 W₂、W₃、W₄、W₅。通过数学计算, 得到各指标层的权重值分别为准则层 W₁=(0.477 7, 0.043 9, 0.179 3, 0.293 7), 子准则层 W₂=(0.292 1, 0.085 6, 0.049 1, 0.201 3, 0.035 5, 0.336 4)、W₃=(0.491 5, 0.305 9, 0.124 9, 0.077 7)、W₄=(0.472 3, 0.169 7, 0.285 4, 0.072 5)、W₅=(0.070 6, 0.051 1, 0.155 2, 0.255 7, 0.029 7, 0.437 8)。

为确认判断矩阵是否具有有一致性, 对判断矩阵一致性比率 CR 进行一致性检验, 若检验满足 CR<0.1, 则表示该矩阵具有一致性。一致性检验结果见表 8, 从中可以看出, 准则层 B 及子准则层 C 的 CR 值分别为 0.007 9, 0.027 0, 0.017 9, 0.065 3, 0.018 9, 均小于 0.1。

表 8 一致性检验结果

Tab.8 Result statistics of consistency test

	B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
λ _{max}	4.076 5	6.134 5	4.048 4	6.405 1	4.051 1
CI	0.007 1	0.026 9	0.016 1	0.081 0	0.017 0
RI	0.90	1.24	0.90	1.24	0.90
CR	0.007 9	0.027 0	0.017 9	0.065 3	0.018 9

将准则层 B 与子准则层 C 各权重值分别相乘, 计算出子准则层 C 中各因素在整个评价体系中的综合权重值, 见图 4。从图 4 可以看出, 各需求因子在整个评价体系中的重要程度, 果农对运输小车功能属性层面的需求最高, 其次为人机属性, 对设备美学属性和经济属性层面的需求相对较低, 如果将 0.08 作为权重分析的中间值, 可以看出权重超过 0.08 的因素主要集中在人机属性和功能属性方面, 分别为安全性、设备简单易操作、设备减震和设备调平。通过分析可以看出, 果园用户更加注重果园运输车的实用性能及人机功能, 因此, 在丘陵果园运输车方案设计中, 应该将实用性和人机操作作为设计的主要判断依据。

结合上述权重分析结果, 对丘陵果园运输车进行

方案设计, 最终确定了 3 种不同的设计方案, 见图 5。为满足果园用户对丘陵果园运输车运输性能的需求, 设计方案主要从运输方式、果箱搭载状态、操作方式、色彩搭配、履带结构等方面进行创新设计。方案 1 为一体式设计, 果箱与运输履带为一个整体, 可以提升小车整体结构的完整性与简洁性。方案 2 为分离式设计, 果箱部分与运输结构相互独立, 在果园运输过程中可以实现果箱的自动装载, 减小农户在果箱装载时的工作量, 另外, 小车可以通过更换箱体结构, 实现更多的运输方式, 满足果农多功能的运输需求。方案 3 为半固定式设计, 果箱一端由铰链连接, 通过转轴可以实现翻转, 便于果品的装载和转移。基于权重分析结果, 邀请了 15 位工业设计师、5 位结构设计师、5 位专家对 3 款设计方案进行评选。

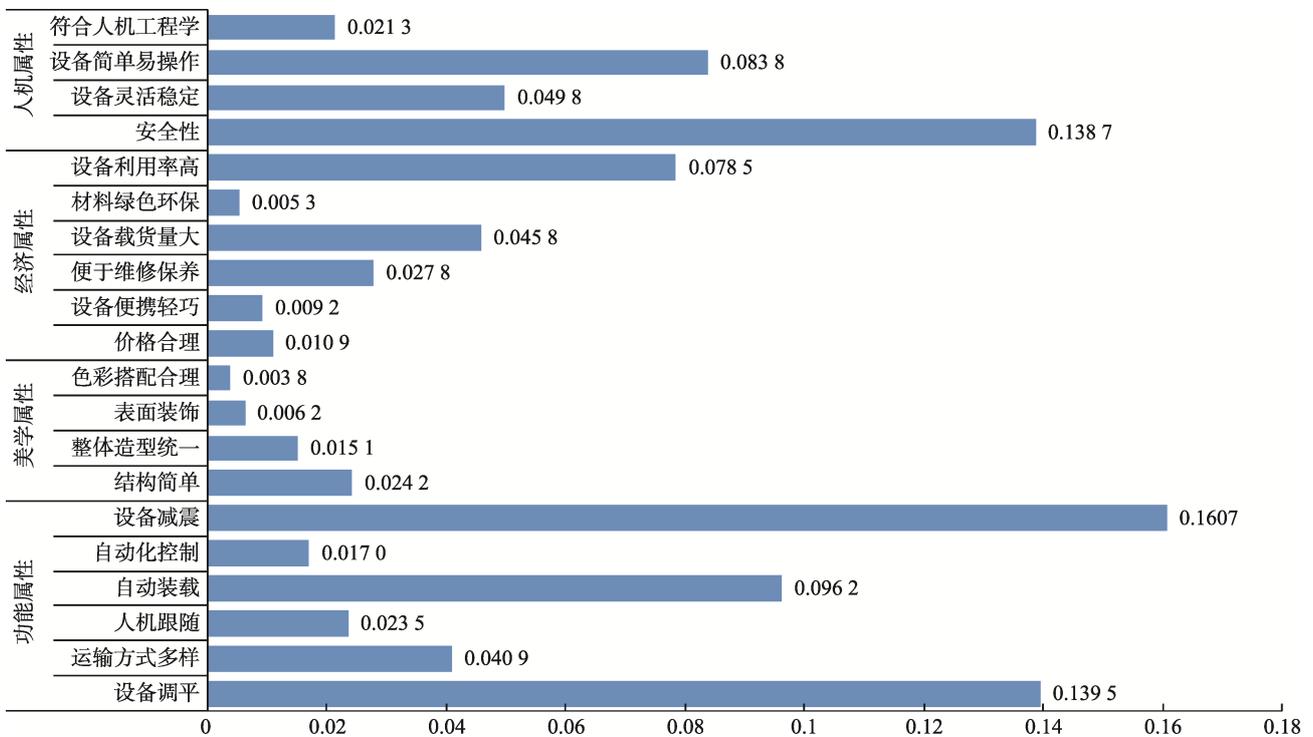


图 4 用户需求综合权重
Fig.4 Consolidated weight of user requirements



图 5 方案设计
Fig.5 Programme design

3.2 果园运输小车的模糊综合评价

首先, 建立果园运输车评价指标和评价等级, 确定评价指标集 $U=\{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, 分别表示准则层 B

及子准则层 C 中的因素, 同时建立评语集 $M, M=\{M_1, M_2, M_3, M_4, M_5\}$, 其中 M_1-M_5 分别表示非常好、比较好、一般、较差、非常差, 即 $M=\{\text{非常好, 比较}$

好, 一般, 差, 较差}, 为其赋值后 $M=\{100,80,60,40,20\}$ 。

按照评语集 $M=\{\text{非常好, 比较好, 一般, 差, 较差}\}$ 5 个等级, 对 3 个设计方案进行模糊评价, 根据 25 名评价人员的打分结果构造评价矩阵。评价结果如下:

$$N_1 = \begin{bmatrix} 0.36 & 0.32 & 0.12 & 0.16 & 0.04 \\ 0.32 & 0.4 & 0.12 & 0.08 & 0.08 \\ 0.2 & 0.28 & 0.2 & 0.32 & 0 \\ 0.4 & 0.24 & 0.24 & 0.08 & 0.04 \end{bmatrix}$$

$$N_2 = \begin{bmatrix} 0.48 & 0.32 & 0.16 & 0.04 & 0 \\ 0.32 & 0.52 & 0.08 & 0.04 & 0.04 \\ 0.32 & 0.32 & 0.2 & 0.12 & 0.04 \\ 0.52 & 0.24 & 0.12 & 0.12 & 0 \end{bmatrix}$$

$$N_3 = \begin{bmatrix} 0.36 & 0.24 & 0.2 & 0.16 & 0.04 \\ 0.48 & 0.32 & 0.12 & 0.08 & 0 \\ 0.28 & 0.24 & 0.24 & 0.16 & 0.04 \\ 0.2 & 0.36 & 0.24 & 0.12 & 0.08 \end{bmatrix}$$

其中, N_1-N_3 分别表示 3 个设计方案的评价结果, 通过上述权重计算结果可知, 准则层 B 的权重结果 $W_1=(0.4777, 0.0439, 0.1793, 0.2937)$, 子准则层 C 的权重结果 W_2-W_5 分别为 $W_2=(0.2921, 0.0856, 0.0491, 0.2013, 0.0355, 0.3364)$ 、 $W_3=(0.4915, 0.3059, 0.1249, 0.0777)$ 、 $W_4=(0.4723, 0.1697, 0.2854, 0.0725)$ 、 $W_5=(0.0706, 0.0511, 0.1552, 0.2557, 0.0297, 0.4378)$ 。根据式 (5), 将层次权重向量 W 与各方案模糊评价结果相乘, 得到各方案的综合权重值。

根据各因素权重计算 3 个方案的模糊评价结果:

$$G_1=W \times N_1=(0.3411, 0.2941, 0.1696, 0.1612, 0.0348)$$

$$G_2=W \times N_2=(0.4552, 0.3064, 0.1515, 0.0778, 0.0091)$$

$$G_3=W \times N_3=(0.3046, 0.2792, 0.2150, 0.1443, 0.0500)$$

计算 3 个方案的百分制结果, 方案 1 得分为 74.96, 方案 2 得分为 82.41, 方案 3 得分为 72.47, 结合用户分析结果, 选择方案 2 作为最终方案, 并对其细节及功能进行优化。

根据需求层次分析结果, 对方案 2 履带减震及自动装载模块进行优化, 在小车中间安装移动托盘, 通过托盘与小车的相互作用, 实现果箱的自动装载, 见图 6。方案 2 作为最终方案, 其优势在于: 果箱与小车的相互独立, 在果园运输过程中, 可以通过无线控制技术, 实现果箱的自动装载, 减轻果农在林果运输搬运过程中的负担, 加快果品转场速度, 从而提高采摘效率; 小车能够搭载不同类型的装载工具, 满足果园不同的运输需求, 从而扩大小车的实用价值; 结合现代技术, 改变传统履带运输车的运输方式, 使其更适用于各种不同类型的果园运输。



图 6 效果展示
Fig.6 Display of effects

3.3 细节优化及设计实现

机械智能化是农业现代化发展的重要趋势, 随着果园技术的发展, 人力劳动终将被机械代替, 通过 AGV 导航、人工智能等技术, 可以实现运输小车的自动化控制, 进一步提高果园运输的便携性与实用性。果园运输车细节及功能说明见图 7。



图 7 果园运输车细节及功能说明
Fig.7 Details and function descriptions of orchard carriers

4 结语

用户需求研究是产品设计的关键,任何形式的产品研发都要以用户为中心,用户需求具有复杂性、模糊性及不确定性等特征,利用层次分析法及模糊综合评价法,对用户需求进行综合分析,可以避免人为因素对用户分析造成的影响,确保了方案设计的客观性与科学性,为果园机械化设备的研发提供了重要的理论参考。果园运输机械化是现代农业发展的必然趋势,也是提升果园经济效益的重要环节,笔者从果园用户的需求出发,通过实际调研了解用户心理,提出了一种满足多功能运输的设计方案,为丘陵果园运输机械化发展提供了新的思路。文中对丘陵果园运输车的创新研究尚处于概念阶段,还需要对其生产研发进行深入验证,以确保设备试验的完整性。

参考文献:

- [1] 宋月鹏,张红梅,高东升,等.国内丘陵山地果园运输机械发展现状与趋势[J].中国农机化学报,2019,40(1):50-55.
SONG Yue-Peng, ZHANG Hong-Mei, GAO Dong-Sheng, et al. Current Situation and Trend of Transportation Machinery in Hilly and Mountain Orchard[J]. China Agricultural Mechanization Report, 2019, 40(1): 50-55.
- [2] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2019.
National Statistical Office. Statistical Yearbook of China[J]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [3] 农业部.全国农业机械化发展第十三个五年规划[N].中国农机化导报,2017-01-09(1).
Ministry of Agriculture. Thirteenth Five-Year Plan for the Development of National Agricultural Mechanization[N]. China Agricultural Mechanization Guide, 2017-01-09(1).
- [4] 邹宝玲,刘佛良,张震邦,等.山地果园机械化:发展瓶颈与国外经验借鉴[J].农机化研究,2019,41(9):254-260.
ZOU Bao-ling, LIU Fu-liang, ZHANG Zhen-Bang, et al. Mechanization of Mountain Orchard: Development Bottleneck and Foreign Experience[J]. Research on Agricultural Mechanization, 2019, 41(9): 254-260.
- [5] 郭家栋.中国家庭农场发展研究[D].上海:上海社会科学院,2017.
GUO Jia-Dong. Research on Family Farm Development in China[D]. Shanghai: Shanghai Academy of Social Sciences, 2017.
- [6] 李敬亚.山地果园单轨运输机的研制[D].武汉:华中农业大学,2011.
LI Jing-Ya. Development of Mountain Orchard Mono-rail Transport Machine[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011.
- [7] 邹海兵.轮式果园作业平台液压系统设计及仿真分析[D].咸阳:西北农林科技大学,2017.
ZOU Hai-bing. Design and Simulation Analysis of Hydraulic System for Wheel Orchard Working Platform[D]. Xi'an: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2017.
- [8] 魏峰,董石羽,徐伯初,等.基于模糊层次分析的高速列车座椅舒适度评估与应用[J].机械设计,2017,34(4):119-123.
WEI Feng, DONG Shi-Yu, XU Bo-Chu, et al. Evaluation and Application of High Speed Train Seat Comfort Based on Fuzzy Hierarchy Analysis[J]. Mechanical Design, 2017, 34(4): 119-123.
- [9] 吴伟斌,赵奔,朱余清,等.丘陵山地果园运输机的研究进展[J].华中农业大学学报,2013,32(4):135-142.
WU Wei-Bin, ZHAO Ben, ZHU Yu-Qing, et al. Research Progress of Orchard Transporter in Hilly Mountain[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2013, 32(4): 135-142.
- [10] 张建辉,李勇,张鹏,等.需求进化和技术进化集成的产品用户需求获取研究[J].机械设计,2017,34(7):15-22.
ZHANG Jian-hui, LI Yong, ZHANG Peng, et al. Research on Product User Demand Acquisition by Integration of Demand Evolution and Technology Evolution[J]. Mechanical Design, 2017, 34(7): 15-22.
- [11] 丁俊武,韩玉启,郑称德.基于TRIZ的产品需求获取研究[J].计算机集成制造系统,2006,12(5):648-653.
DING Jun-wu, HAN Yu-qi, ZHENG Yi-de. TRIZ-Based Product Demand Acquisition Research[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2006, 12(5): 648-653.
- [12] 郭家栋.中国家庭农场发展研究[D].上海:上海社会科学院,2017.
GUO Jia-dong. Research on Family Farm Development in China[D]. Shanghai: Shanghai Academy of Social Sciences, 2017.
- [13] 刘斌,朱明,王景华,等.基于可拓数据挖掘的用户需求获取研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2011,34(12):1823-1826.
LIU Bin, ZHU Ming, WANG Jing-hua, et al. Research on User Requirements Acquisition Based on Extension Data Mining[J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2011, 34(12): 1823-1826.
- [14] 周红宇,戚得众,韩晓东.瓦楞纸印刷机造型设计评价研究[J].机械设计,2017,34(7):119-123.
ZHOU Hong-yu, QI Di-zhong, HAN Xiao-dong. Evaluation of Modeling Design of Corrugated Printing Press[J]. Mechanical design, 2017, 34(7): 119-123.