

[文章编号] 1003-4684(2022)04-0005-04

一种田间轨道运输机质量调查的模糊综合判定方法

纪 华,文昌俊

(湖北工业大学农机鉴定站,湖北 武汉 430068)

[摘 要] 运用模糊数学综合评判理论,结合田间轨道运输机的特点、技术标准等文件,对质量调查中的“三性一状况”即安全性、可靠性、适用性、售后服务状况的指标进行细化,最终确定 13 个二级指标。采用模糊数学方法,构造综合评判模型,最后通过实例计算和分析来验证此模型的可行性,为田间轨道运输机产品选型、质量评价以及技术改进提供参考。

[关键词] 田间轨道运输机;模糊综合评判;农机质量调查;指标权重

[中图分类号] S229 **[文献标识码]** A

田间轨道运输机是丘陵山区果园、茶叶种植的重要运输工具。随着国家对丘陵山区农机具相关政策的实施,田间轨道运输机的销量与日俱增。而农机产品质量的科学检验,对产品的选型、农机的推广、产品的设计和质量的改进均很重要^[1]。《中华人民共和国农业机械化促进法》第十二条中明确规定了“国务院农业行政主管部门和省级人民政府主管农业机械化工作的部门根据农业机械使用者的投诉情况和农业生产的实际需要,可以组织对在用的特定种类农业机械产品的适用性、安全性、可靠性和售后服务进行调查”^[2]。因此,对农机产品“三性一状况”进行质量调查是大多数农机监管机构的做法。然而,由于参与质量调查的人员范围较广,调查项目较多,信息量较大且大多数属于模糊的信息,对信息处理水平提出了更高的要求,加之对田间轨道运输机的质量调查一直没有比较完善的方法。笔者通过方案设计、实地调查等方式,收集了大量用户信息,找出反映其质量的指标,通过构建模糊综合评判的数学模型,以探索有效评价田间轨道运输机质量的方法。

1 模糊综合评定的数学模式

模糊综合评定是对多种因素影响事物做出全面评价的一种十分有效的多因素评判方法。本文采用模糊数学的方法,研究田间轨道运输机的“三性一状况”调查涉及大量因素的情况下,使用者对机器主观反映的评判过程。模糊综合评判方法的关键是:因素集的选择、评价集和权重集的确定、模糊映射诱导

出的模糊关系^[3-4]。

1.1 因素集的确定

农机产品的性能和使用情况只有通过用户使用才能得以体现^[5]。根据农业机械推广鉴定大纲《果园轨道运输机》和“三性一状况”的调查要求,笔者采用二级模型,选择产品的安全性、可靠性、适用性和售后服务这 4 个因素作为一级评判因素集,表示为 $U = (U_1, U_2, U_3, U_4)$,其中 U_1 为安全性、 U_2 为可靠性、 U_3 为适用性、 U_4 为售后服务。 U_1 选择 $U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}$ 作为子因素,分别表示安全警示、危险部位的安全防护、运输轨道的稳定性、急停和限位装置性能。 U_2 选择 U_{21}, U_{22} 作为子因素,分别表示三包期内故障易发性和故障处理难度和时长。 U_3 选择 $U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}$ 作为二级评判因素,分别代表操作方便性、运行速度及稳定性、制动性能、载重量和爬坡性能。 U_4 选择 U_{41}, U_{42} 作为二级评判因素,分别代表配件供应及时性和售后服务人员解决问题能力^[6-7]。

1.2 各因素隶属度的确定

为了得到单因素评判矩阵并建立各因素的隶属度,笔者开展了田间轨道运输机的用户调查。由于多数评判因素只能使用模糊定性的方式来表达,根据农业农村部《农业机械质量调查办法》,每个因素分为 4 个等级,分别表示好、较好、一般、差^[8]。常用确定隶属度的方法有:二元对比排序法、因素加权综合法、模糊统计法、德尔菲法等^[9]。由于德尔菲法可以避免每个人的观点都会被充分收集,从而避免地位最高的人控制群体意志,较为适于对农用机械开

展用户调查。

笔者通过随机抽样,事先制作详细的田间轨道运输机产品质量调查表和产品故障调查表,每个机型调查样本数不少于20户。为收集到准确的信息,对被调查者进行统一培训,告诉他们该如何对评价对象进行准确评价。最后将调查用户在每个等级所占的百分比,作为各因素在相应等级上的隶属度。

1.3 权重的确定

权重在模糊综合评判中至关重要,它反映了各因素在决策中的地位或所起的作用,直接影响决策结果^[10]。采用专家咨询法,根据各指标重要程度选取20名专家在其相应层次中打分,并按打分的平均数对各指标赋予权重(表1)。

表1 田间轨道运输机质量调查指标及权重

一级指标	权重
安全性 U_1	0.25
可靠性 U_2	0.26
适用性 U_3	0.26
售后服务 U_4	0.23
二级指标	权重
安全警示标识 U_{11}	0.20
危险部位的安全防护 U_{12}	0.30
运输轨道的稳定性 U_{13}	0.30
急停和限位装置性能 U_{14}	0.20
三包期内故障易发性(类别及频次) U_{21}	0.45
故障处理难度和时长 U_{22}	0.55
操作方便性 U_{31}	0.25
运行速度及稳定性 U_{32}	0.20
制动性能 U_{33}	0.20
载重量 U_{34}	0.15
爬坡性能 U_{35}	0.20
配件供应及时性 U_{41}	0.50
售后服务人员解决问题能力 U_{42}	0.50

由于田间轨道运输机更加注重可靠性和适用性,根据专家意见,统计确定安全性、可靠性、适用性和售后服务状况等4大因素的权重为 $U(0.25, 0.26, 0.26, 0.23)$ 。在安全性评价中,更注重危险部位的安全防护和运输轨道的稳定性,因此权重设定为 $U_1(0.2, 0.3, 0.3, 0.2)$;在可靠性评价中,更加注重故障发生后处理的难度和解决问题的时效性,因此权重设定为 $U_2(0.45, 0.55)$;在适用性评价中,对于文化层次相对较低的农民用户,操作的方便性自然排在首位,运行的速度和稳定性、制动性能和爬坡能力都较为重要,因此权重设定为 $U_3(0.25, 0.2, 0.2, 0.15, 0.2)$;售后服务中的两个指标同等重要,因为权重设定为 $U_4(0.5, 0.5)$ 。

2 田间轨道运输机实例

为了准确掌握湖北丘陵山区地带使用的田间轨道运输机的质量水平,笔者组织调查人员对湖北地区在用的、使用满一个作业季节的田间轨道运输机进行实地调查。调查机型为湖北销量最大的9家企业的10个型号。调查地区为十堰市郧阳区、丹江口市、竹山县、房县、宜昌市夷陵区、兴山县、秭归县、团风县、武穴市等9个县(市、区)。最终选取具有代表性的3种机型,分别用S1, S2, S3表示自走式单轨道、遥控牵引式单轨道、双轨式田间轨道运输机。对这3种机型在实际调查中的数据进行汇总,计算每个指标在各等级上的隶属度后,列入表2。例如,用户对S1机型在安全警示上的满意程度好、较好、一般、差的比例分别为27%、33%、13%、27%,在表2中分别用0.27, 0.33, 0.13, 0.27来表示I、II、III、IV4个等级。

表2 田间轨道运输机单因素评判集

机型	等级	安全警示	安全防护	轨道稳定性	急停限位	故障易发性	故障处理难度和时长	操作方便性	运行速度及稳定性	制动性能	载重量	爬坡性能	配件供应	售后服务人员
S1	I	0.27	0.27	0.34	0.34	0.2	0.2	0.27	0.2	0.27	0.27	0.33	0.27	0.26
	II	0.33	0.4	0.4	0.33	0.4	0.4	0.53	0.4	0.4	0.53	0.2	0	0.07
	III	0.13	0.2	0.13	0.33	0.4	0.33	0.2	0.33	0.33	0.2	0.33	0.73	0.67
	IV	0.27	0.13	0.13	0	0	0.07	0	0.07	0	0	0.14	0	0
S2	I	0.13	0.13	0.34	0.27	0.13	0.2	0.34	0.33	0.2	0.27	0.33	0.4	0.34
	II	0.34	0.53	0.33	0.53	0.33	0.34	0.4	0.34	0.34	0.4	0.33	0.53	0.4
	III	0.2	0.2	0.33	0.2	0.34	0.2	0.26	0.2	0.2	0.2	0.34	0.07	0.13
	IV	0.33	0.14	0	0	0.2	0.26	0	0.13	0.26	0.13	0	0	0.13
S3	I	0.23	0.23	0.62	0.15	0.38	0.23	0.31	0.15	0.23	0.24	0.23	0.23	0.46
	II	0.31	0.23	0.38	0.31	0.38	0.27	0.31	0.62	0.46	0.38	0.31	0.08	0.23
	III	0.38	0.46	0	0.46	0.16	0.5	0.38	0.23	0.23	0.38	0.46	0.62	0.31
	IV	0.08	0.08	0	0.08	0.08	0	0	0	0.08	0	0	0.07	0

2.1 二级综合评判

在综合评判模型中,除了 $(\cdot, +)$ 模型外,其它模型如 $M(\cdot, \vee)$ 、 $M(\wedge, \vee)$ 等都要有可能会丢失部分信息。本模型中的单因素矩阵为归一化矩阵,恰好能满足 $(\cdot, +)$ 模型的要求,故采用 $(\cdot, +)$ 模型对所有资料进行评价。

2.1.1 安全性评价 对机型 S1 而言

$$B_{1S1} = U_1 \cdot R_1 = (0.2, 0.3, 0.3, 0.2) \cdot \begin{bmatrix} 0.27 & 0.33 & 0.13 & 0.27 \\ 0.27 & 0.4 & 0.2 & 0.13 \\ 0.34 & 0.4 & 0.13 & 0.13 \\ 0.34 & 0.33 & 0.33 & 0 \end{bmatrix} = (0.305, 0.372, 0.191, 0.132)$$

其中: U_1 是安全性上的权重向量, R_1 是安全性评价矩阵, B_{1S1} 是 S1 型田间轨道运输机在安全性上的评判结果。同理

$$B_{1S2} = (0.221, 0.432, 0.239, 0.108)$$

$$B_{1S3} = (0.331, 0.307, 0.306, 0.056)$$

由二级综合评判结果可以看出,S3 双轨式机型的安全性能最好,满意的比例达到 33.1%,S2 机型最差。双轨式田间轨道运输机从安全性能上最佳,遥控牵引式的安全性能最差,还有技术改进的空间,这与用户调查反映的结果完全一致。

2.1.2 可靠性评价 对机型 S1 而言,

$$B_{2S1} = U_2 \cdot R_2 = (0.45, 0.55) \cdot \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.33 & 0.07 \end{bmatrix} = (0.2, 0.4, 0.3615, 0.0385)$$

其中: U_2 是可靠性上的权重向量, R_2 是可靠性评价矩阵, B_{2S1} 是 S1 型田间轨道运输机在可靠性上的评判结果。同理

$$B_{2S2} = (0.1685, 0.3355, 0.263, 0.233)$$

$$B_{2S3} = (0.2975, 0.3195, 0.347, 0.036)$$

由二级综合评判结果可以看出:S3 双轨式机型的可靠性能最好,满意率达到 29.75%;S2 遥控牵引式机型最差。双轨式田间轨道运输机从可靠性能上最佳,只有 2 台发生过一般故障,且故障排除较快。遥控牵引式的可靠性能相对较差,故障主要发生在控制部件,如山区比较恶劣的环境影响了传感器的正常使用。这与用户调查反映的结果完全一致。

2.1.3 适用性评价 对机型 S1 而言,

$$B_{3S1} = U_3 \cdot R_3 = (0.25, 0.2, 0.2, 0.15, 0.2) \cdot \begin{bmatrix} 0.27 & 0.53 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.33 & 0.07 \\ 0.27 & 0.4 & 0.33 & 0 \\ 0.27 & 0.53 & 0.2 & 0 \\ 0.33 & 0.2 & 0.33 & 0.14 \end{bmatrix} = (0.268, 0.412, 0.278, 0.042)$$

其中, U_3 是适应性的权重向量, R_3 是适应性评价矩阵, B_{3S1} 是 S1 型田间轨道运输机在适应性上的评判结果。同理

$$B_{3S2} = (0.2975, 0.362, 0.243, 0.0975)$$

$$B_{3S3} = (0.2355, 0.4125, 0.336, 0.016)$$

由二级综合评判结果可以看出,S2 遥控牵引式机型的适用性能最好,满意的比例达到 29.75%,S3 双轨式机型最差。这说明遥控牵引式田间轨道运输机在操作便捷性、载重量和爬坡性能上具有明显优势,而双轨式在适用性上表现不佳,这与用户调查反映的结果完全一致。

2.1.4 售后服务状况评价 对机型 S1 而言

$$B_{4S1} = U_4 \cdot R_4 = (0.5, 0.5) \cdot \begin{bmatrix} 0.27 & 0 & 0.73 & 0 \\ 0.26 & 0.07 & 0.67 & 0 \end{bmatrix} = (0.265, 0.035, 0.7, 0)$$

其中, U_4 是售后服务状况的权重向量, R_4 是售后服务状况的评价矩阵, B_{4S1} 是 S1 型田间轨道运输机在售后服务上的评判结果。同理

$$B_{4S2} = (0.37, 0.465, 0.1, 0.065)$$

$$B_{4S3} = (0.345, 0.155, 0.465, 0.035)$$

由二级综合评判结果可以看出,S2 遥控牵引式机型的售后服务做的最好,满意的比例达到 37%。这说明该公司在技术研发的同时注重售后反馈与技术改进,这与用户调查反映的结果完全一致。

2.2 一级综合评判

对机型 S1 而言

$$B_{S1} = U \cdot R_1 = (0.25, 0.26, 0.26, 0.23) \cdot \begin{bmatrix} 0.305 & 0.372 & 0.191 & 0.132 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3615 & 0.0385 \\ 0.268 & 0.412 & 0.278 & 0.042 \\ 0.265 & 0.035 & 0.7 & 0 \end{bmatrix} = (0.25888, 0.31217, 0.37502, 0.05393)$$

同理

$$B_{S2} = (0.26151, 0.3963, 0.21431, 0.12788)$$

$$B_{S3} = (0.30068, 0.30272, 0.36103, 0.03557)$$

由一级综合评判结果可以看出,用户认为好和较好的顺序依次是 S2(0.66) > S3(0.6) > S1(0.57)。S2 遥控牵引式的评价最高,主要在于其适应性好,遥控技术的应用提高了机具的便捷性,增加了机具的应用场景。S1 单轨式机型在可靠性和售后上均不占优势。S3 双轨式在某些坡度较陡的果园作业的安全性、可靠性得到了认可,在丘陵山区运输机械中占有一席之地。

3 结束语

本文旨在寻找一种合适的田间轨道运输机质量

评判方法,简化复杂的决策过程,将定性的判定变为定量的判定。结合实例的分析,验证了模糊综合判定模型的可行性,降低了判定中的人为主观干扰,使评判结果更加合理和客观,对机型的技术改进、性能提升和服务管理升级都提供了可量化的决策依据。

[参 考 文 献]

- [1] 杨懿,潘英俊,梁山城.自走式微型旋耕机质量调查的模糊综合评判[J].农业工程学报,2008(2):140-144.
- [2] 中华人民共和国第十届全国人民代表大会常委会.中华人民共和国农业机械化促进法[A/OL].(2005-06-27).http://www.gov.cn/banshi/2005-06/27/content_68755.htm.
- [3] 李洪兴,汪群,段钦治,等.工程模糊数学方法及应用[M].天津:天津科学技术出版社,1993.
- [4] 秦志远,黄海松,张慧.基于模糊层次分析法的联合收割机性能评价[J].农机化研究,2017,39(11):35-39.
- [5] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].第二版.武汉:华中理工大学出版社,2000.
- [6] 全国农业机械标准化技术委员会.农业机械生产试验方法:GB/T5667-2008[S].北京:中国标准出版社,2008:6.
- [7] 中华人民共和国农业农村部.果园轨道运输机:DG/T211-2021[A/OL].(2021-01-21).<http://www.cqny.cn/cqny/upload/2021/02/637496910653086588.pdf>.
- [8] 冯健,兰心敏,丁艳.农业机械重点检查评价方法研究[J].中国农机化学报,2019,40(9):194-198.
- [9] 张振良.应用模糊数学[M].重庆:重庆大学出版社,1991.
- [10] 张院,寇文杰.模糊数学综合评判法中指标权重和算法的优选[J].人民黄河,2015,37(7):64-67.
- [11] 易金根,王勇,江向阳.联合收割机的模糊综合评判[J].农业机械学报,2000,31(1):45-47.

Research on a Fuzzy Comprehensive Judgment Method for Investigation of Field Rail Transporters

JI Hua, WEN Changjun

(Agricultural Machinery Verification Center, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China)

Abstract: This paper uses the comprehensive evaluation theory of fuzzy mathematics, combined with the characteristics and technical standards of field rail transporters, refines safety, reliability, applicability and after-sales service in the investigation, and finally determines 13 secondary indexes. Then the fuzzy mathematics method is used to construct the comprehensive evaluation model. The feasibility of this model is verified by calculation and analysis. It provides value for product selection, quality evaluation and technical improvement of field rail transporters.

Keywords: field rail transporters; fuzzy comprehensive evaluation; quality survey; index weight

[责任编辑:张 众]