

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.10.019

联合收获机驾驶室人机界面评价方法^{*}

严小艳 毛恩荣 朱忠祥 宋正河
(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 鉴于联合收获机驾驶室人机界面评价过程中会涉及到不确定性信息,提出了一种证据推理与模糊隶属度相结合的评价方法,建立了联合收获机驾驶室人机界面评价模型,克服了以往评价方法在处理不确定性信息和不完整信息方面的不足,效用函数的引入简化了方案优劣排序,便于决策。应用实例表明,该方法能够有效地处理不确定性信息,其结果表示更符合人们对不确定性信息的处理习惯。

关键词: 联合收获机 驾驶室 人机界面评价 证据推理 模糊隶属度

中图分类号: U462 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)10-0091-06

Evaluation Method for Man-machine Interface of Combine Harvester Cab

Yan Xiaoyan Mao Enrong Zhu Zhongxiang Song Zhenghe
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

The evaluation of man-machine interface for the cab of a combine harvester often involves some factors that are qualitative, lacks of available information and can only be assessed by human judgments, which inevitably involve various kinds of uncertainties and incompleteness. In view of this, an evaluation method combined the evidential reasoning approach with fuzzy membership degree was proposed to build the evaluation model for the man-machine interface of a combine harvester cab, which overcame the defects of handling information with uncertainty and incompleteness. Man-machine interface element can be assessed to a grade interval if it cannot be precisely assessed to only one grade. The introduction of utility function simplified the process of alternative ranking and decision. Applied example showed that this method could handle uncertain information effectively and the representation of results was much more coincident with people's habit to deal with uncertain information than other methods.

Key words Combine harvester, Cab, Man-machine interface evaluation, Evidential reasoning, Fuzzy membership degree

引言

联合收获机驾驶室内各类操纵元件与仪表众多,驾驶员在驾驶操作过程中需处理的信息量大,操纵任务繁多。驾驶室人机界面设计的优劣直接影响驾驶员操作的舒适性与任务完成的可靠性。由于长期处于不舒适的工作姿态,很多驾驶员都出现了颈部、肩部以及腰部疼痛的现象。随着设计理念从功

能性设计转向宜人性设计,驾驶室人机界面的设计对驾驶员驾驶行为的影响,也引起了广泛重视,相关研究也在国内外相继展开。从驾驶室整体布局到驾驶室人机界面各类组件的设计与评价都得到了深入研究^[1~4]。

驾驶室人机界面评价要从评价人员的真实感受出发,进行主观和客观评判,涉及内容繁多。目前部分评价内容开展的研究较多,形成了很多可用的科

收稿日期: 2009-11-16 修回日期: 2010-03-05
^{*} “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A01)
作者简介: 严小艳,博士生,主要从事车辆人机工程学和系统可靠性研究,E-mail: catyxian@yahoo.com.cn
通讯作者: 宋正河,副教授,博士生导师,主要从事车辆人机工程学和农业装备工程研究,E-mail: gxy16@cau.edu.cn

研成果,通过收集整理已有的研究成果可以得出定量评价的准则进行定量分析与评价。但也有部分评价因素难以制定相应的定量评价标准,只能由评价人员根据自己的主观判断进行定性描述。常用的方法为模糊综合评价法,通过确定评价项的模糊隶属度来实现对评价项的评价^[2-3]。然而,受自身知识、经验以及文化程度的影响,评价人员对评价内容以及评价等级设置的认识存在一定的局限性,往往存在未知或不确定的信息,难以进行准确的评价和判断,导致评价信息模糊化,甚至不完整。

目前,处理不确定或不完整信息的理论有很多,如模糊数学、随机集理论、贝叶斯理论、证据推理、灰色理论等。证据推理具有符合人推理决策过程的特点,能够较好地地区分确定与不确定区间,处理由随机性和模糊性导致的不确定性,并且,已经形成了成熟的 Windows 桌面应用软件 IDS (intelligent decision system),使用非常方便,因此被广泛应用于多个领域,并与其他理论相结合,如将证据推理与模糊隶属度、神经网络相结合,应用于人工智能、模式识别、专家系统、信息融合、故障诊断、系统方案评价、多属性决策等^[5-8]。

鉴于评价信息的不确定性和不完整性的存在,本文将证据推理方法与模糊隶属度相结合,应用到联合收获机驾驶室人机界面布局评价中,建立评价因素的可信度结构,应用证据推理 (evidential reasoning, 简称 ER) 方法合并评价信息,并引入效用函数对人机界面方案进行优劣排序,便于决策。

1 证据推理方法原理

ER 方法由英国曼彻斯特大学的杨剑波教授提出,是一种不确定性推理方法,能够有效地进行信息融合,并能够很好地解决多因素决策问题中不确定性问题以及信息不完整的问题,其理论基础是概率论和 D-S 证据理论。D-S 证据理论是一种处理不确定性问题理论,由 Dempster A P 首先提出,并由 Shafer G 进一步发展,因此又称为 D-S 证据理论。1994 年 D-S 证据理论首次与分布式模型框架相结合,发展成为 ER 方法,使用集合论和概率论的概念来融合多种属性,用来解决具有概率不确定性的多因素决策问题^[9-11]。

假设集合 $\Theta = \{H_1, H_2, \cdots, H_N\}$ 表示一组完备并互不相容的辨别框架,基本概率分配函数记为 $m:2^\Theta \rightarrow [0, 1]$, 满足 $m(\Phi) = 0$, 且 $\sum_{A \in \Theta} m(A) = 1$, 其中 Φ 表示空集, A 是集合 Θ 的子集。设有 M 种评价方案, 记为: $O = \{O_1, O_2, \cdots, O_M\}$, 评价因素集记

为 $A = \{A_1, A_2, \cdots, A_L\}$, 评价因素 A_i 的可信度结构可表示为 $S(A_i(O_l)) = \{(H_n, \beta_{n,i}(O_l))\} (n = 1, 2, \cdots, N; i = 1, 2, \cdots, L; l = 1, 2, \cdots, M)$ 。其中, $\beta_{n,i}(O_l)$ 表示根据因素 A_i 对评价对象 O_l 评价为等级 H_n 的概率, 满足

$$\beta_{n,i}(O_l) \geq 0$$
$$\sum_{n=1}^N \beta_{n,i}(O_l) \leq 1$$

且

证据理论的核心是证据融合规则。该融合规则符合可交换律和结合律,数据的融合结果与融合的先后顺序无关。对于 2 个证据,其融合规则为

$$[m_1 \oplus m_2](C) = \begin{cases} 0 & (C = \Phi) \\ \frac{\sum_{A \cap B = C} m_1(A) m_2(B)}{1 - \sum_{A \cap B = \Phi} m_1(A) m_2(B)} & (C \neq \Phi) \end{cases} \quad (1)$$

按照上述融合规则逐次将所有证据融合起来,得到最终的评价概率集,据此形成一个由 L 个评价因素构成的判断矩阵 $D_g = (S(A_i(O_l)))_{L \times M}$ 。

2 联合收获机驾驶室人机界面评价模型

基于证据推理和模糊隶属度的联合收获机驾驶室人机界面评价模型的建立主要包括以下步骤:确定评价对象及评价因素、设置评价等级、建立底层单因素评价的可信度结构、评价信息合并以及优劣排序。

2.1 确定评价对象及评价因素

联合收获机驾驶室人机界面是指驾驶员与联合收获机之间相互作用的区域,主要包括驾驶座椅、驾驶空间、操作界面、显示界面以及观察界面等。

驾驶座椅:驾驶员都是以坐姿完成驾驶操作,座椅为驾驶员提供主要的支撑,其设计必须满足相关人机工程学设计的设计准则。座椅的评价因素主要包括座椅高度、座面因素(座面倾角、座面深度、座面宽度)以及靠背因素(靠背高、靠背宽度、靠背倾角、靠背弧度等)。

驾驶空间:主要指驾驶员的上肢和下肢活动空间,驾驶空间的设计应该既要能够满足驾驶员足够的活动范围,又要满足整车布局及尺寸设计的要求。对驾驶空间的评价主要是驾驶空间的高度、上肢有效活动范围的宽度。

操作界面:是驾驶员与联合收获机进行交互,改变其工作状态的主要界面,包括手操作界面和脚操作界面。其中手操作界面包括方向控制装置、各种操作手柄、各类按钮等。脚操作界面包括各种脚踏板及脚踏钮。操作装置主要从安装位置、形状大小、操纵力以及操纵行程等方面进行评价。

显示界面:显示界面是驾驶员获取联合收获机工作状态的主要界面,是驾驶员对联合收获机的农机具进行合理操作的主要依据。显示界面主要包括各类仪表、车内信号灯以及报警设备的显示。对显示装置的要求是观察认读既准确迅速,又不易疲劳。显示装置与显示界面的评价主要包括布局设计、安装位置、形状大小以及信息表示形式等。

观察界面:观察界面是驾驶员获取车外信息的主要通道,主要包括风窗玻璃和后视镜,分别用来获取联合收获机前方和后方的农田与道路情况。其设计要求是可以使驾驶员在正常操作位置上驾驶时,不必扭动身体就能够直接或间接地看清周围的情况,有助于提高农具操作的准确性与行车安全性。观察界面的评价包括安装位置、形状大小,以此对有效的视野范围进行评价。

上述界面构成了联合收获机人机界面评价的多层次因素集,各评价因素的权重分配通过问卷调查确定。顶层的评价因素集和权重集分别记为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_L\}$, $w = \{w_1, w_2, \dots, w_L\}$, 满足 $0 \leq w_i \leq 1$, 且 $\sum_{i=1}^L w_i = 1$ 。

2.2 设置评价等级

各个评价层次的评价等级可以设得不一样,包括等级数以及等级的描述都可以不同。当评价等级设置不一致时,需在评价计算之前,将评价等级转换为相同的等级。评价等级的转换可参考文献[11]中的信息转换技术。

为便于方法的介绍,假设所有的评价等级都相同,首先均设为不合适、较不合适、可接受、较合适、合适,分别记为 $H_1, H_2, \dots, H_5$, 构成识别框架 $H = \{H_1, H_2, \dots, H_5\}$ 。

为了处理等级难以界定的情况,需对评价等级进行扩展,表示等级区间,形式表示为 $H = \{H_{ij}\}$ ($i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5$), 其中 H_{ij} 表示介于等级 H_{ii} 与等级 H_{jj} ($i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5$) 之间的等级区间,该等级集表示为矩阵的形式为

$$H = \begin{bmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} & H_{1,3} & H_{1,4} & H_{1,5} \\ & H_{2,2} & H_{2,3} & H_{2,4} & H_{2,5} \\ & & H_{3,3} & H_{3,4} & H_{3,5} \\ & & & H_{4,4} & H_{4,5} \\ & & & & H_{5,5} \end{bmatrix}$$

2.3 建立底层单因素评价的可信度结构

根据上述评价等级集的设置,评价因素 A_l ($l=1, 2, \dots, L$) 的可信度结构表示形式为

$$S(A_l) = \{(H_{ij}, \beta_{ij})\} \quad (i=1, 2, \dots, N; j=i, \dots, N) \quad (2)$$

其中, β_{ij} 表示根据因素 A_l 对评价对象评价为等级 H_{ij} 的概率,满足 $0 \leq \beta_{ij} \leq 1$, 且 $\sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N \beta_{ij} \leq 1$ 。

对于定性评价的因素,其基本可信度通过专家打分来确定。在专家打分过程中,有时候并不能够很准确地判断评价因素具体属于某一个等级,或者严格区分各等级,只能给出模糊的评价,如:给出的评价为 20% 属于合适, 50% 属于较合适, 30% 属于可接受与较合适之间,则按照式(2),其基本可信度结构可表示为 $S = \{(H_{34}, 0.3), (H_{44}, 0.5), (H_{55}, 0.2)\}$ 。

对于定量评价的因素,其基本可信度通过基于模糊隶属度的方法获取。根据隶属度函数,计算隶属度值,作为基本可信度值,设 $u = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$ 为某评价因素的隶属度值,则其可信度结构可表示为 $S = \{(H_{11}, u_1), (H_{22}, u_2), (H_{33}, u_3), (H_{44}, u_4), (H_{55}, u_5)\}$ 。

2.4 评价信息合并

ER 方法中有两种运算法则,分别为 ER 分析法则(the analytical ER algorithm)和 ER 递归法则(the recursive ER algorithm)。本文对递归法则合并评价信息的过程进行介绍。

设某底层同一级的评价因素集和权重集分别为: $B = \{B_1, B_2, \dots, B_L\}$, $w_B = \{w_{B1}, w_{B2}, \dots, w_{BL}\}$, 满足 $0 \leq w_{Bi} \leq 1$, 且 $\sum_{i=1}^L w_{Bi} = 1$ 。该层两个评价因素分别为 B_m, B_n , 基本可信度分别表示为

$$S(B_m) = \{(H_{ij}, \beta_{ij}(B_m))\} \quad (i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5) \quad (3)$$

$$S(B_n) = \{(H_{ij}, \beta_{ij}(B_n))\} \quad (i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5) \quad (4)$$

(1) 将可信度转换为基本概率集,转换公式为

$$m_{ij} = w_{Bm} \beta_{ij}(B_m) \quad (i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5; m=1, 2, \dots, L) \quad (5)$$

$$m_H = 1 - \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N w_{Bm} \beta_{ij}(B_m) = 1 - w_{Bm} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N \beta_{ij}(B_m) = 1 - w_{Bm} \quad (m=1, 2, \dots, L) \quad (6)$$

$$n_{ij} = w_{Bn} \beta_{ij}(B_n) \quad (i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5; n=1, 2, \dots, L) \quad (7)$$

$$n_H = 1 - \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N w_{Bn} \beta_{ij}(B_n) = 1 - w_{Bn} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N \beta_{ij}(B_n) = 1 - w_{Bn} \quad (n=1, 2, \dots, L) \quad (8)$$

其中, m_H, n_H 表示没有分配给任何等级或等级区间的概率。

(2) 将两个基本概率集合并。设 B_m, B_n 合并之后的概率集用 C_{ij} 表示, 则

$$C_{ij} = \frac{1}{1 - C} \left[-m_{ij}n_{ij} + \sum_{k=1}^i \sum_{l=j}^5 (m_{kl}n_{ij} + m_{ij}n_{kl}) + m_Hn_{ij} + m_{ij}n_H + \sum_{k=1}^{i-1} \sum_{l=j+1}^5 (m_{kj}n_{il} + m_{il}n_{kj}) \right] \quad (9)$$

$$C_H = \frac{m_Hn_H}{1 - C} \quad (10)$$

$$C = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{i-1} \sum_{l=k}^{i-1} (m_{kl}n_{ij} + m_{ij}n_{kl}) \quad (11)$$

重复上述步骤, 将本层所有评价因素的概率集合并完成后, 再进行上一层级的合并, 直到所有的评价因素概率集合并结束。设合并后的最终概率分配集用 X_{ij}, X_H 表示, 可信度结构为 $S(O) = \{(H_{ij}, \gamma_{ij})\}$ ($i=1, 2, \dots, 5; j=i, \dots, 5$), 其中 γ_{ij} 表示该联合收获机驾驶室人机界面评价为等级区间 H_{ij} 的总的可信度, 计算公式为

$$\gamma_{ij} = \frac{x_{ij}}{1 - x_H} \quad (i=1, 2, \dots, 5; j=1, 2, \dots, 5) \quad (12)$$

2.5 对方案优劣排序

为了便于对多种可选方案进行优劣排序, 此处引入效用函数。效用是体现决策人员偏好的一种体现。如果没有可用的偏好信息, 则可以假设等级的效用是线性等分布的, 各等级效用的表示式为 $u(H_n) = (n - 1) / (N - 1)$ ($n=1, 2, \dots, N$)^[11]。本文中设定的各评价等级的效用值分别为: $u(H_{11}) = 0, u(H_{22}) = 0.25, u(H_{33}) = 0.5, u(H_{44}) = 0.75, u(H_{55}) = 1$ 。由于存在区间不确定性, 可计算综合评价期望效用的最大值、最小值以及平均值, 公式为

$$u_{\max}(O) = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=i}^5 \gamma_{ij} u(H_{ij}) \quad (13)$$

$$u_{\min}(O) = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=i}^5 \gamma_{ij} u(H_{ii}) \quad (14)$$

$$u_{\text{avg}}(O) = \frac{u_{\max}(O) + u_{\min}(O)}{2} \quad (15)$$

当 $\gamma_{ij} = 0$ ($i \neq j$) 时, $u_{\max}(O) = u_{\min}(O) = u_{\text{avg}}(O)$ 。

对于方案 O_m 和方案 O_n , 当且仅当 $u_{\min}(O_m) > u_{\max}(O_n)$ 时, 可以认为方案 O_m 优于方案 O_n , 方案的优劣比较参考文献[11]。

3 应用实例

3.1 评价对象

运用提出的基于证据推理和模糊隶属度的评价方法对某型联合收获机驾驶室的两种布置方案进行

评价, 得出较优布置方案。以驾驶座椅的 SIP 点为评价基准点, 评价人群数据选择 GB10000—88 标准中身高满足第 50 百分位 18~25 岁的中国成年男性人体数据。

3.2 评价计算

按照上述分析, 选择相关评价因素, 建立多层次的评价结构。各评价层次的评价因素权重通过问卷调查确定。由于篇幅限制, 此处仅给出顶层评价因素的评价信息及其合并结果。顶层评价因素为驾驶座椅、驾驶空间、操纵装置、显示装置以及观察装置, 构成的评价因素集记为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_5\}$, 其权重集记为 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_5\}$, 评价结构如图 1 所示, 图中的数字表示权重。

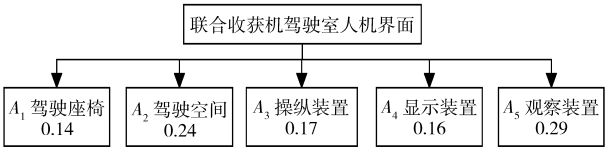


图 1 联合收获机驾驶室人机界面评价结构

Fig. 1 Evaluation frame of man-machine interface for a combine harvester cab

按照上述介绍的方法, 将这 5 个评价因素的所有底层因素合并, 使用软件 IDS 的学生版进行数据计算, 分别得到这 5 个评价因素的评价概率集, 结果如表 1 第 3~8 列所示。需说明的是, 本文中为了便于数据处理, 将不完整信息以及难以界定的信息数据均归入等级区间 H_{15} (表 1 第 8 列)。

为了便于两种方案对比, 根据式(13)~(15)计算两个方案的期望效用, 计算结果如表 2 所示。

3.3 结果分析

表 1 中第 9~13 列为用模糊综合评价方法对两种设计方案评价计算得到的结果。为了便于结果对比, 两种评价方法中底层评价项的隶属度函数和权重分配均相同。表 1 中两种方案的评价结果, 各评价等级的评价值差别不大。根据最大隶属原则, 对于方案 1, 无论是组件评价结果还是系统综合评价结果, 两种评价方法的评价结论一致。对于方案 2 也是同样的情况。但进一步对比两种评价方法的计算结果可以发现, 用基于证据推理和模糊隶属度的评价方法对底层数据进行融合时, 计算结果比模糊综合评价方法的计算结果更趋向于极化, 即对于结论支持度较大的信息进行融合时, 其合成结果对于结论的支持度更高。以方案 1 驾驶座椅的评价结果为例, 用本文提出的基于证据推理和模糊隶属度的评价方法计算得出的结果为: $\{(H_{11}, 0.892\ 1), (H_{22}, 0.013\ 1), (H_{33}, 0.060\ 4), (H_{55}, 0.034\ 4)\}$, 而用模糊综合评价方法计算得出的结果为: $\{(H_{11},$

表 1 两种方案评价结果

Tab. 1 Evaluation results of two layout schemes for a combine harvester cab

方案	评价因素	基于证据推理与模糊隶属度的评价结果						模糊综合评价结果				
		H_{11}	H_{22}	H_{33}	H_{44}	H_{55}	H_{15}	H_{11}	H_{22}	H_{33}	H_{44}	H_{55}
方案 1	驾驶座椅	0. 892 1	0. 013 1	0. 060 4	0	0. 034 4	0	0. 768 6	0. 041 4	0. 108 3	0	0. 081 7
	驾驶空间	0. 758 3	0. 189 5	0	0	0. 052 2	0	0. 648	0. 162	0	0	0. 19
	操纵装置	0. 216 9	0. 049 8	0. 116 4	0. 151 6	0. 465 3	0	0. 240 4	0. 080 8	0. 103 4	0. 139 5	0. 375 9
	显示装置	0	0. 3	0. 5	0	0	0. 2	0	0. 375	0. 625	0	0
	观察装置	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	综合	0. 347 7	0. 095 1	0. 092 8	0. 022 4	0. 415 6	0. 026 4	0. 304	0. 118 5	0. 142 9	0. 023 7	0. 410 9
方案 2	驾驶座椅	0. 958 1	0. 011 6	0	0	0. 030 3	0	0. 876 9	0. 041 4	0	0	0. 081 7
	驾驶空间	0. 758 3	0. 189 6	0	0	0. 052 2	0	0. 648	0. 162	0	0	0. 19
	操纵装置	0. 234 8	0. 050 3	0. 071 2	0. 094 0	0. 549 8	0	0. 267 2	0. 081 2	0. 117 6	0. 138 1	0. 395 9
	显示装置	0	0	0. 5	0. 4	0	0. 1	0	0	0. 555 6	0. 444 4	0
	观察装置	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	综合	0. 358 7	0. 052 0	0. 078 2	0. 068 2	0. 429 5	0. 013 4	0. 323 7	0. 058 5	0. 109	0. 094 5	0. 414 3

表 2 两种方案评价结果期望效用

Tab. 2 Expected utilities of evaluation results for two layout schemes for a combine harvester cab

评价因素	方案 1(O_1) 期望效用			方案 2(O_2) 期望效用		
	$u_{\max}$	$u_{\min}$	u_{avg}	$u_{\max}$	$u_{\min}$	u_{avg}
驾驶座椅 A_1	0. 067 9	0. 067 9	0. 067 9	0. 033 2	0. 033 2	0. 033 2
驾驶空间 A_2	0. 099 6	0. 099 6	0. 099 6	0. 099 6	0. 099 6	0. 099 6
操纵装置 A_3	0. 649 7	0. 649 7	0. 649 7	0. 668 4	0. 668 4	0. 668 4
显示装置 A_4	0. 525	0. 325	0. 425	0. 65	0. 55	0. 6
观察装置 A_5	1	1	1	1	1	1
综合 O_i	0. 529 0	0. 502 6	0. 515 8	0. 546 2	0. 532 8	0. 539 5

0. 768 6), (H_{22} , 0. 041 4), (H_{33} , 0. 108 3), (H_{55} , 0. 081 7)}。虽然两种方法的评价结果都是支持驾驶座椅的评价等级为 H_{11} ,但是前者对于驾驶座椅评为等级 H_{11} 的可信度为 0. 892 1,后者对驾驶座椅评为等级 H_{11} 的隶属度为 0. 768 6,前者对于结论的支持度比后者高。比较其他项的评价结果也可以得出同样的结论。

由表 2 可知,综合评价的期望效用值, $u_{\max}(O_1) < u_{\min}(O_2)$,根据方案优劣比较原理,可以认为布置方案 2 优于布置方案 1。

从本实例评价计算结果可以看出,基于证据推理和模糊隶属度的评价模型保留了不确定性信息,并将其体现到最终评价结果中,符合人们对不确定

性信息的处理习惯。而且该评价方法对于评价结论可以形成更高的支持度,便于判别评价结果。其效用函数的引入更方便了方案的排序,为方案筛选提供了有效依据。

4 结束语

将证据推理方法与模糊隶属度相结合,应用于联合收获机驾驶室人机界面评价。分析了联合收获机驾驶室人机界面的评价因素,建立了综合评价结构,分别确定了定量因素和定性因素的可信度结构表示方法,并使用证据推理的运算法则对各层评价信息进行合并,得出最终评价结果。应用实例表明,该方法能够很好地处理不确定性信息,更符合人们对不确定性信息的处理习惯。为了简洁地介绍该评价方法的原理,将各评价因素的评价等级数和评价等级均设为相同,并将不完整信息和难以界定的评价信息均归入了同一等级区间,在具体的使用过程中,可以根据实际情况的需要,设置不同的评价等级,使用信息转换技术进行转换即可。当信息量充分时,还可以根据实际情况将不确定信息数据缩小区间范围,降低不确定性。此外,证据冲突的解决也是证据推理方法应用于联合收获机驾驶室人机界面评价中的重要研究内容,该评价方法在合理解决证据冲突方面尚需完善,以期更合理地处理相关评价信息。

参 考 文 献

1 毛恩荣,张红,宋正河. 车辆人机工程学[M]. 北京:北京理工大学出版社,2007.

2 祁丽霞,毛恩荣. 坦克驾驶座椅静态参数的综合评价模型[J]. 中国农业大学学报,2004,9(1):67 ~ 70.

- Qi Lixia, Mao Enrong. Study on stationary parameter synthesis's evaluation model of tank seat[J]. Journal of China Agricultural University, 2004,9(1):67~70. (in Chinese)
- 3 曹伟国,刘维平,孙伟. AHP 定权的模糊综合评估法在装甲车辆驾驶舱人机系统中的应用[J]. 装甲兵工程学院学报, 2008,22(5):36~39.
- Cao Weiguo, Liu Weiping, Sun Wei. Applications of fuzz comprehensive evaluation based on AHP defined weighing in man-machine system of armored vehicle cabin[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2008,22(5):36~39. (in Chinese)
- 4 Walter Piechulla, Christoph Mayser, Helmar Gehrke, et al. Reducing drivers' mental workload by means of an adaptive man-machine interface[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2003, 6(4): 233~248.
- 5 Wang Yingming, Taha M S Elhag. Evidential reasoning approach for bridge condition assessment[J]. Expert Systems with Application, 2008, 34(1): 689~699.
- 6 Wang Yingming, Yang Jianbo, Xu Dongling. Environmental impact assessment using the evidential reasoning approach [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 174(3): 1 885~1 913.
- 7 Chin Kwaisang, Wang Yingming, Gary Ka Kwai Poon, et al. Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach[J]. Computers & Operations Research, 2009, 36(6): 1 768~1 779.
- 8 侯俊. 证据推理的组合方法、评价体系与应用研究[D]. 西安:西北工业大学,2006.
- Hou Jun. The combination rules, performance indexes and applications of evidence reasoning[D]. Xi'an:Northwestern Poly-Technique University, 2006. (in Chinese)
- 9 Yang J B, Wang Y M, Xu D L, et al. The evidential reasoning approach for MADA under both probabilistic and fuzzy uncertainties[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 171(1): 309~343.
- 10 Wang Yingming, Yang Jianbo, Xu Dongling, et al. The evidential reasoning approach for multiple attribute decision analysis using interval belief degrees[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 175(1): 35~66.
- 11 Yang Jianbo. Rule and utility based evidential reasoning approach for multiattribute decision analysis under uncertainties [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 131(1): 31~61.
- 12 仇莹,朱忠祥,毛恩荣,等. 联合收获机驾驶室人机界面布局优先序研究[J]. 农业机械学报,2009,40(12):43~47.
- Qiu Ying, Zhu Zhongxiang, Mao Enrong, et al. Study on priorities of human-machine interface in combine harvester cab[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):43~47. (in Chinese)
- 13 金晓萍,仇莹,毛恩荣,等. 车辆人机界面布局优化推理系统研究[J]. 农业机械学报,2008,39(4):183~186.

(上接第 43 页)

- 3 刘军干,王天辰,阎发旭,等. 直插式覆膜小麦穴播机的设计[J]. 农业工程学报,2001,17(5):55~58.
- Liu Jungan, Wang Tianchen, Yan Faxu, et al. Design of film mulching wheat hill seeder with vertical dropping mechanism [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2001,17(5):55~58. (in Chinese)
- 4 马成林,李成华,于海业. 打穴播种机研究的发展与现状[J]. 农业机械学报,1999,30(1):101~105.
- Ma Chenglin, Li Chenghua, Yu Haiye. Development and status of research on punch planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1999,30(1):101~105. (in Chinese)
- 5 陈晓光,左春桢,高峰. 直插式播种机的研究——I. 直插式成穴器[J]. 农业工程学报,1993,9(3):66~70.
- Chen Xiaoguang, Zuo Chuncheng, Gao Feng. Study on the direct insert planter (I) the research and the principal study of the direct insert hole former of planter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1993,9(3): 66~70. (in Chinese)
- 6 赵韩,丁爵曾,梁锦华. 凸轮机构设计[M]. 北京:高等教育出版社,1983.
- 7 孙伟,吴建民. 鸭嘴式成穴器的选型与研究[J]. 甘肃农业大学学报,2009,44(5):140~142.
- Sun Wei, Wu Jianmin. Shape select and study on the duck-rostra type punching-opener[J]. Journal of Gansu Agricultural University,2009,44(5):140~142. (in Chinese)
- 8 张学军,杨莹,周岭. 滚筒式穴播器的重要参数选择与确定[J]. 农业机械学报,1998,29(8):63~66.
- Zhang Xuejun, Yang Ying, Zhou Ling. Selection and definitiveness on main parameters of bunch planting cylinder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1998,29(8):63~66. (in Chinese)
- 9 李增刚. ADAMS 入门详解与实例[M]. 北京:国防工业出版社,2006.
- 10 徐芳,周志刚. 基于 ADAMS 的凸轮机构设计及运动仿真分析[J]. 机械设计与制造,2007,9(9):78~80.
- Xu Fang, Zhou Zhigang. Design and kinematics simulation of cam mechanism based on ADAMS[J]. Machinery Design & Manufacture, 2007,9(9):78~80. (in Chinese)
- 11 王国强,张进平,马若丁. 虚拟样机技术及其在 ADAMS 上的实践[M]. 西安:西北工业大学出版社,2002.