快速捕捉目标情境下人机界面视觉工效评价指标体系研究

冯纾¹, 王军锋², 支锦亦¹, 蔡勇³, 冯登明⁴, 王文军³, 唐星³

(1.西南交通大学, 成都 610031; 2.深圳技术大学, 深圳 518118;

3.西南科技大学, 绵阳 621010; 4.四川长虹电器股份有限公司, 绵阳 621000)

摘要: **目的:** 人机界面的视觉工效对整个人机界面的使用效率有较大影响, 为了更好地评估人机界面的视觉工效, 针对适用于人机交互过程中快速捕捉视觉目标并获取视觉信息这一任务情境的人机界面视觉工效评价指标体系进行研究, 希望能为快速捕捉视觉目标情境下人机界面视觉工效评价和人机界面优化迭代设计提供一定的参考。**方法:** 该评价体系主要从辨识效率、眼动情况、主观感受三个方面拟定评价指标, 通过改进德尔菲法对初步建立的十三项评价指标进行两轮咨询, 最后筛选出十一项作为人机界面视觉工效评价指标体系。**结论:** 该评价指标体系的建立为评估快速捕捉视觉目标情境下人机界面设计方案的视觉工效提供了一定参考, 有利于对此情境下的人机界面进行评价与优化迭代设计。

关键词: 人机界面; 视觉工效; 评价指标; 改进德尔菲法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)06-0176-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.06.027

Evaluation Index System of Visual Ergonomics for Human-computer Interface in the Situation of Quickly Capturing the Target

FENG Shu¹, WANG Jun-feng², ZHI Jin-yi¹, CAI Yong³,
FENG Deng-ming⁴, WANG Wen-jun³, TANG Xing³

(1.Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2.Shenzhen Technology University, Shenzhen 518118, China;

3.Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

4.Sichuan Changhong Electric Co., Ltd., Mianyang 621000, China)

ABSTRACT: The visual ergonomics of the human-computer interface has a large impact on the efficiency of the entire human-computer interface. In order to better evaluate the visual ergonomics of the human-computer interface, the work aims to study the evaluation index system of visual ergonomics for the human-computer interface suitable for the task of quickly capturing visual targets and obtaining visual information in the process of human-computer interaction, hoping to provide a certain reference for the evaluation of the human-computer interface visual ergonomics and the optimized iterative design of the human-computer interface in the situation of quickly capturing the visual target. The proposed evaluation system mainly formulated evaluation indexes from three aspects: identification efficiency, eye movement and subjective feeling. 13 initially established evaluation indexes were consulted for two rounds in the modified Delphi method. Finally, 11 indexes were selected as the evaluation index system of visual ergonomics for the human-computer interface. The established evaluation index system provides a reference for evaluating the visual ergonomics of the design scheme of human-computer interface in the situation of quickly capturing the visual target, and it is conducive to evaluating and op-

收稿日期: 2020-01-21

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2017YFB1201103-9, 2017YFB1201103-10, 2017YFB1201103-11, 2017YFB1201103-12); 教育部资助项目(19YJA760094); 国家科技支撑计划项目(2015BAH38F00); 西南科技大学博士基金(16zx7120)

作者简介: 冯纾(1992—), 男, 四川人, 西南交通大学博士生, 主要研究方向为人机交互设计与用户体验。

通信作者: 王军锋(1981—), 男, 陕西人, 博士, 深圳技术大学副教授, 主要研究方向为普适计算下的人机交互、交互设计方法。

timizing the iterative design of human-computer interface in this situation.

KEY WORDS: human-computer interface; visual ergonomics; evaluation index; modified Delphi method

视觉显示终端(VDT: Visual Display Terminal)已经成为现代工作与生活中的重要工具,人机交互界面的视觉工效也越来越受到人们的关注。用户获得的外部信息有80%是通过视觉通道获取的^[1],人机界面中会有许多视觉元素,而这些视觉元素会对用户的视觉工效造成不同程度的影响,用户的认知判断、生理、心理感受及操作精度会受到人机界面视觉元素的影响^[2]。良好的人机界面视觉工效会提高人机界面的使用效率,反之则会降低人机界面的使用效率。目前在VDT上快速捕捉视觉目标的情境越来越多,在某些情境下用户需要对人机界面上的视觉目标进行快速捕捉与识别。例如汽车驾驶情境,目前汽车中控台人机交互界面越来越向大屏显示发展,也有学者指出,由于目前传统汽车正向智能汽车发展,人机交互方式随之改变,传统的物理按钮正逐步向集成控制的方向发展,而大屏的人机界面很可能越来越多地应用于汽车中控台^[3]。汽车中控台人机界面的操作效率会对汽车驾驶产生一定影响,如果用户在此过程中能快速地捕捉到汽车中控人机界面上的视觉目标,在短时间内获取视觉信息,则有利于提升整个人机界面操作的效率,也有利于用户对人机界面的使用与提升汽车驾驶的安全性。与汽车驾驶情境相类似的情境还有许多,此类情境的共同点是:用户需要通过捕捉VDT人机界面上的视觉目标来获取视觉信息,或者通过捕捉视觉信息来对人机界面进行操作,整个视觉目标捕捉的过程不宜太长,并且越快越准确越好。建立人机界面视觉工效评价体系将有利于对快速捕捉视觉目标情境下的人机交互界面进行评估,判断人机界面是否具有较好的视觉工效并满足此情境下的使用需求,从而提高人机交互界面的使用效率。希望通过建立人机界面视觉工效评价体系对人机界面视觉工效的评价和人机界面的优化迭代设计有一定帮助。

1 初步建立视觉工效评价指标

人机界面会对用户的辨识效率、行为绩效、生理变化、心理感知产生影响。本文主要从辨识效率、眼动情况、主观感受三方面来拟定视觉工效评价指标。辨识效率与行为绩效已经是工效学领域和心理学领域重要的论证依据,这里不再赘述。眼动情况方面,邓铸教授对眼动方式及眼动心理学研究的主要领域进行了论述^[4],闫国利教授等人对眼动仪及眼动指标在阅读研究中的应用进行了论述^[5]。有文献指出,视觉疲劳度增大会使瞳孔变小,时间压力会导致瞳孔扩大^[6]。主观感受方面,李宏汀教授在进行相关研究时引入了主观评价,从主观评价反映用户在视觉搜索过

程中眼睛的舒适度和疲劳度^[7]。

根据人机界面会对用户产生的影响及相关学者的论述,本文在建立相关评价体系的时候把人的辨识效率、生理变化、主观感受三方面纳入评价指标体系的范畴。通过辨识效率来反映获取视觉信息的效率,即用户在对视觉目标进行捕捉、视觉信息获取、判断过程中的辨识正确率及辨识时间;通过眼动情况来反映视觉注意状况及相关生理变化;通过主观感受来反映人机界面的使用感受。

1.1 辨识效率

辨识效率可由捕捉视觉目标并进行判断过程中的辨识正确率与辨识时间这两个因素来体现,辨识效率可以通过公式(1)求得。辨识正确率与辨识时间作为初步筛选的两个指标。一般认为在某个人机界面下执行快速捕捉视觉目标并进行辨识及判断的任务时,对视觉目标的辨识正确率越高,辨识时间越短,即辨识效率越高,此人机界面视觉工效越优。

$$E = \frac{a}{t} \quad (1)$$

式中: E 表示辨识效率; a 表示辨识正确率; t 表示辨识时间。

1.2 眼动情况

许多学者在研究视觉工效及心理学领域中使用了眼动仪,其中邓铸教授总结了在心理学领域常用的眼动指标:首次进入时间、目标注视时间、结果命中率、瞳孔大小、眼跳次数、眼动轨迹^[4]。这六项指标同样可以反映视觉工效,作为初步筛选的眼动指标。这六项指标在快速捕捉视觉目标的情境中对视觉工效的评估方法大致如下。

1)首次进入时间:用户视线首次进入视觉目标区域的时间。在视觉目标捕捉过程中,首次进入视觉目标的时间越短则可以说明视觉敏锐度越高。一般认为在某个人机界面上执行快速捕捉视觉目标任务时,首次进入视觉目标区域的时间越短,则捕捉视觉目标时速度越快,即视觉工效越优。

2)目标注视时间:用户注视视觉目标的时间。有文献指出,视觉信息主要是在注视阶段被获取^[5]。有学者认为,需要较长的注视时间有两种可能的原因,第一种是信息难以获取,需要较大的认知努力;第二种是信息源较为丰富,需要较多的时间去读取。设计良好的显示信息可以减少注视时间^[8]。在快速捕捉目标的情境下,如果用户对视觉目标的注视时间较长很可能是由认知负荷较大造成的,目标注视时间会随着任务难度的增加而增加。因此,一般认为在某个

人机界面下执行快速捕捉视觉目标任务时,如果用户在准确辨识出视觉信息时,注视的时间越短,则说明显示信息设计得越好,视觉工效越好。

3) 结果命中率:视觉目标被视觉命中的概率。在捕捉视觉目标的过程中,视觉目标的命中率越高则可以说明视觉目标越易被视觉捕捉。一般认为在某个人机界面下执行快速捕捉视觉目标任务时,视觉目标的结果命中率越高,说明在此人机界面下视觉目标越容易被视觉捕捉,视觉工效越优。

4) 瞳孔大小:用户的瞳孔直径大小。有文献指出,疲劳度增大会使瞳孔变小,时间压力增大会导致瞳孔扩大^[6]。一般认为在某个人机界面下执行快速捕捉视觉目标任务时,当时间压力等其它外界压力及情境条件相同时,如果瞳孔较小,则反映此人机界面容易造成视觉疲劳,此人机界面的视觉工效较差。

5) 眼跳次数:用户注视点改变的次数,并且用户一般察觉不到自己注视点的改变^[4]。一般认为在某个人机界面下执行快速捕捉视觉目标任务时,从开始捕捉至捕捉到视觉目标的过程中,眼跳次数越少,则说明视觉工效越优。也就是说,从开始捕捉至捕捉到视觉目标时,在捕捉视觉目标的过程中,眼跳次数越少,用户对视觉目标的视觉敏锐度及视觉捕捉的能力越强,人机界面视觉目标被捕捉能力越强,此人机界面的视觉工效也越优;反之,如果在捕捉视觉目标的过程中眼跳次数越多,用户对视觉目标的敏锐度及视觉捕捉能力越弱,人机界面视觉目标被捕捉能力越弱,此人机界面的视觉工效也越差。

6) 眼动轨迹:用户注视点及其视线的移动轨迹。一般认为在某个人机界面下执行快速捕捉视觉目标任务时,从开始捕捉至捕捉到视觉目标的过程中,眼动轨迹越短,则说明视觉工效越优。也就是说,从开始捕捉至捕捉到视觉目标时,在捕捉视觉目标的过程中,眼动轨迹越短,用户对视觉目标的视觉敏锐度及视觉捕捉的能力越强,人机界面视觉目标被捕捉能力越强,此人机界面的视觉工效也越优;反之,在捕捉视觉目标的过程中眼动轨迹越长,用户对视觉目标的敏锐度及视觉捕捉能力越弱,人机界面视觉目标被捕捉能力越弱,此人机界面的视觉工效也越差。

1.3 主观感受

用户主观心理感受会在一定程度上影响或者反映出人机界面的视觉工效,李宏汀教授在相关研究中引入了三项主观评价指标,分别为眼睛舒适度、眼睛疲劳程度、总体满意度^[7]。参考李宏汀教授在相关研究中引入的评价指标,本文从主观感受方面初步筛选出五项与此相关的人机界面主观感受评价指标,分别是:眼睛舒适度、眼睛疲劳度、界面清晰度、喜好程度、心情舒适度。一般认为,在某个人机界面下执行快速捕捉视觉目标并进行辨识及判断的任务时,眼睛

舒适度越高;眼睛疲劳度越低;界面清晰度越高;喜好程度越高;心情舒适度越高,则人机界面视觉工效越优。

从辨识效率、眼动状况、主观感受这三个方面初步筛选出十三项评价指标,总结为VDT人机界面视觉工效初步评价指标体系,见表1。

2 人机界面评价指标筛选方法

2.1 改进德尔菲法

德尔菲法的基本原理是:对于某类问题,通过对专家进行若干轮不记名的咨询,最后使得专家意见较为统一。首先让一些专家针对某类问题提出自己的见解与意见,其次将专家们的意见与见解收集起来整理、归纳,并以不记名的方法进行反馈并再次征求专家意见,经过几轮循环,专家意见的集中度会越来越高,并趋近于专家集体意志^[9-10]。本文采用改进德尔菲法,为了使评价指标更具针对性,首先通过查阅相关文献初步筛选十三项评价指标,并在首次专家咨询时将这十三项评价指标的意义及研究背景提供给专家,供专家参考,并请专家对这十三个评价指标的重要程度进行判断。

2.2 改进德尔菲法实施步骤

1) 确定专家咨询人员。专家需要具备相应的专业知识,最好为10~30人^[11]。本次咨询专家组由两名人因工程专家,三名用户体验人员、五名交互设计师组成,共计十人。

2) 第一轮专家咨询。让专家根据这十三项指标的意义及研究背景对每个指标的重要程度作出判断。重要程度分为“不大”、“一般”、“大”、“很大”、“极大”这五个等级,对应得分为1~5分^[12]。

表1 VDT人机界面视觉工效初步评价指标体系
Tab.1 Preliminary evaluation index system of visual ergonomics for VDT human-computer interface

总目标	主要项目	子项目	指标编号
VDT 人 机界面 视觉工效 初步评价 指标体系	O ₁ : 辨识效率	O ₁₁ : 辨识正确率	u ₁
		O ₁₂ : 辨识时间	u ₂
		O ₂₁ : 首次进入时间	u ₃
		O ₂₂ : 目标注视时间	u ₄
	O ₂ : 眼动情况	O ₂₃ : 结果命中率	u ₅
		O ₂₄ : 瞳孔直径	u ₆
		O ₂₅ : 眼跳次数	u ₇
		O ₂₆ : 眼动轨迹	u ₈
	O ₃ : 主观感受	O ₃₁ : 眼睛舒适度	u ₉
		O ₃₂ : 眼睛疲劳度	u ₁₀
		O ₃₃ : 界面清晰度	u ₁₁
		O ₃₄ : 喜好程度	u ₁₂
		O ₃₅ : 心情舒适度	u ₁₃

3) 第二轮专家咨询。让专家以第一轮咨询结果作为参考做出第二轮判断，并给出专家自信度 (GCR—the Group Confidence Ranking)。

4) 筛选出评价指标。本文在两轮咨询之后，如果专家意见的离散程度减小、协调程度增大，认为专家意见已较为统一，并对评价指标进行筛选。本文参考相关文献，将专家一致意见定义为，大于 2/3 (约 67%，记为 P_{33}) 的专家对此指标判断为“大”以上，则表明此指标的重要程度较大^[13]。

2.3 咨询结果统计分析

根据咨询结果，计算相关指标参数。

1) 专家意见的集中度。集中程度可以用平均值 $\bar{E}_i$ 来表示^[9]，可由下式求得：

$$\bar{E}_i = \sum_{j=1}^5 E_j m_{ij} / d, i=1,2,3 \dots n \quad (2)$$

式中： E_j 表示专家判断指标重要程度的大小 (用 1~5 表示)； m_{ij} 表示对第 i 个指标评分级别为 j 的专家人数； d 表示专家总人数； n 表示评价指标的个数。

平均值 $\bar{E}_i$ 值越大，表示该指标对评估人机界面视觉工效的作用越大。

2) 专家意见的离散程度。离散程度可用标准差 σ_i 来表示^[9]，可由下式求得：

$$\sigma_i = \left[\sum_{j=1}^5 m_{ij} (E_j - \bar{E}_i)^2 / (d-1) \right]^{(1/2)} \quad (3)$$

σ_i 值越小，表示专家意见分歧越小。

3) 专家意见的协调程度。协调程度可以用变异系数 V_i 来表示，可由下式求得：

$$V_i = \frac{\sigma_i}{\bar{E}_i} \quad (4)$$

V_i 值越小，表示专家协调程度越高。

2.4 评价指标筛选结果

两轮专家咨询结果统计见表 2。第二轮咨询结果中评价指标的离散程度 σ_i 与变异系数 V_i 小于第一轮，表明第二轮专家咨询中专家意见的离散度减小，协调程度增大，趋近统一。本文根据咨询结果中的平均值 $\bar{E}_i$ 、专家一致意见 P_{33} 、专家自信度 GCR 进行筛选。本次筛选标准为：在该指标的专家自信度大于 3 (GCR>3) 的前提下，如果评价指标的平均值 $\bar{E}_i$ 和专家一致意见 P_{33} 都小于 3 ($\bar{E}_i < 3$ ，且 $P_{33} < 3$)，则被筛除^[10,12]。

根据第二轮咨询结果中的平均值 $\bar{E}_i$ 、专家一致意见 P_{33} 、专家自信度 GCR 来进行评价指标的筛选。如表 2 所示，十三个评价指标的 GCR 都大于 3，说明咨询具有可信性。其中喜好程度与心情舒适度这两个指标的平均值 $\bar{E}_i$ 与专家一致意见 P_{33} 都小于 3，故筛除喜好程度与心情舒适度。最后筛选出十一项评价指标组成人机界面视觉工效评价体系，见表 3。

3 结语

本文主要针对人机界面交互过程中的快速捕捉视觉目标这一任务情境，建立了人机界面视觉工效评价指标体系。该评价指标体系涵盖了辨识效率、眼动状况、主观感受三个方面，能够较为全面地针对快速捕捉视觉目标情境下人机界面的视觉工效进行评

表 2 专家咨询结果统计
Tab.2 Statistics of expert consultation results

Index	Round1				Round2				
	E_i	σ_i	V_i	P_{33}	E_i	σ_i	V_i	P_{33}	GCR
O: 人机界面视觉工效评价指标									
u_1 辨识正确率	4.40	0.70	0.16	4.00	4.70	0.67	0.10	4.00	4.50
u_2 辨识时间	4.10	0.88	0.21	3.00	4.50	0.71	0.11	4.00	4.40
u_3 首次进入时间	4.20	0.92	0.22	3.00	4.40	0.84	0.16	4.00	4.30
u_4 目标注视时间	3.50	0.97	0.28	3.00	3.40	0.84	0.21	3.00	3.60
u_5 结果命中率	4.10	0.99	0.24	4.00	3.90	0.88	0.20	4.00	4.50
u_6 瞳孔直径	3.20	1.14	0.35	3.00	3.30	1.06	0.34	3.00	3.90
u_7 眼跳次数	3.40	1.07	0.32	3.00	3.50	0.97	0.27	3.00	3.50
u_8 眼动轨迹	3.30	1.25	0.38	3.00	3.60	1.07	0.32	3.00	3.80
u_9 眼睛舒适度	3.60	1.07	0.30	3.00	3.70	0.82	0.18	3.00	4.00
u_{10} 眼睛疲劳度	3.80	0.92	0.24	3.00	3.90	0.88	0.20	4.00	4.20
u_{11} 界面清晰度	3.90	0.88	0.22	4.00	3.80	0.79	0.16	4.00	4.60
u_{12} 喜好程度	2.60	1.35	0.52	2.00	2.80	1.14	0.46	2.00	3.70
u_{13} 心情舒适度	2.70	1.34	0.50	2.00	2.90	1.20	0.49	2.00	3.20

表3 VDT人机界面视觉工效评价指标体系

Tab.3 Evaluation index system of visual ergonomics for VDT human-computer interface

总目标	主要项目	子项目	指标编号
VDT 人 机界面 视觉工效 评价指标 体系	o_1 : 辨识效率	o_{11} : 辨识正确率	u_1
		o_{12} : 辨识时间	u_2
	o_2 : 眼动情况	o_{21} : 首次进入时间	u_3
		o_{22} : 目标注视时间	u_4
		o_{23} : 结果命中率	u_5
		o_{24} : 瞳孔直径	u_6
		o_{25} : 眼跳次数	u_7
		o_{26} : 眼动轨迹	u_8
	o_3 : 主观感受	o_{31} : 眼睛舒适度	u_9
		o_{32} : 眼睛疲劳度	u_{10}
		o_{33} : 界面清晰度	u_{11}

价。希望 VDT 人机界面视觉工效评价指标体系能为快速捕捉视觉目标情境下评估人机界面设计方案的视觉工效提供一定参考,并为此情境下人机界面的评价与优化迭代设计提供一定帮助。

参考文献:

- [1] 葛列众, 胡凤培. 多元视觉显示的工效学研究[J]. 心理学动态, 2001(3): 201-204.
GE Lie-zhong, HU Feng-pei. Ergonomic Study of Multivariate Visual Display[J]. Advances in Psychological Science, 2001(3): 201-204.
- [2] 吴幽. 人机系统中人的色彩感知过程模型和算法实验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.
WU You. Experimental Study of Model and Algorithm for Color Perception in Human-machine System[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2008.
- [3] 谭浩, 赵丹华, 赵江洪. 面向复杂交互情境的汽车人机界面设计研究[J]. 包装工程, 2012, 33(18): 26-30.
TAN Hao, ZHAO Dan-hua, ZHAO Jiang-hong. Research on Automotive Human Machine Interface Design Based on Complex Interaction Situation[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(18): 26-30.
- [4] 邓铸. 眼动心理学的理论、技术及应用研究[J]. 南京师大学报(社会科学版), 2005(1): 90-95.
DENG Zhu. Theories, Techniques and Applied Researches about Eye-movement Psychology[J]. Journal of Nanjing Normal University (Social Science Edition), 2005(1): 90-95
- [5] 闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 等. 阅读研究中的主要眼动指标评述[J]. 心理科学进展, 2013, 21(4): 589-605.
YAN Guo-li, XIONG Jian-ping, ZANG Chuan-li, et al. Review of Major Eye Movement Indicators in the Study[J]. Advances in Psychological Science, 2013, 21(4): 589-605.
- [6] 康卫勇, 袁修干, 柳忠起, 等. 瞳孔的变化与脑力负荷关系的试验分析[J]. 航天医学与医学工程, 2007(5): 364-366.
KANG Wei-yong, YUAN Xiu-gan, Liu Zhong-qi, et al. Experimental Analysis of the Relationship between Pupil Changes and Mental Load[J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2007(5): 364-366.
- [7] 李宏汀, 张艳霞, 徐伟丹, 等. 不同环境照度下手机屏幕亮度最优参数研究——以三星某手机为例[J]. 心理科学, 2013, 36(5): 1110-1116.
LI Hong-ding, ZHANG Yan-xia, XU Wei-dan, et al. Research of Optimal Parameters of Phone Screen Brightness under Different Environmental Illuminance: Take Samsung S5660 for Example[J]. Psychological Science, 2013, 36(5): 1110-1116.
- [8] 刘伟, 袁修干. 人机交互中情境认知的理论与应用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.
LIU Wei, YUAN Xiu-gan. Theory and Application of Situated Cognition in Man-machine Interaction[M]. Beijing: Science and Technology of China Press, 2005.
- [9] 刘启越. 民用飞机驾驶舱人机工效评价方法研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2013.
LIU Qi-yue. Research on Evaluation Method of the Cockpit Ergonomics for Civil Aircraft[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2013.
- [10] 李银霞, 刘曼曼, 高俊杰. 汽车人机工程综合评价指标体系研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2014, 35(5): 96-99.
LI Yin-xia, LIU Man-man, GAO Jun-jie. Research on the Comprehensive Evaluation Indexes System of Vehicle Ergonomics[J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science), 2014, 35(5): 96-99.
- [11] COOPER W M, GALLEGOS A, GRANOF M H. A Delphi Study of Goals and Evaluation Criteria of State and Privately Owned Latin American Airlines[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 1995, 29(4): 273-285.
- [12] 宋海靖, 胡毅, 黄丙寅. 民机驾驶舱显示界面人机工效模糊综合评价研究及应用[C]. 北京: 中国航空学会, 2014.
SONG Hai-jing, Hu Yi, HUANG Bing-yin. Study on Fuzzy Comprehensive Evaluation for Civil Aircraft Cockpit Ergonomics of Display Equipment[C]. Beijing: China Aeronautical Society, 2014.
- [13] 李银霞, 袁修干. 改进德尔菲法在驾驶舱显示系统工效学评价指标筛选中的应用研究[J]. 航天医学与医学工程, 2006(5): 368-372.
LI Yin-xia, YUAN Xiu-gan. Research on the Application of Modified Delphi Method in the Selection of Ergonomic Evaluation Index of Cockpit Display System[J]. Aerospace Medicine and Medical Engineering, 2006(5): 368-372.