

# 基于专利规避设计的疲劳驾驶预警系统 扩展概念设计

武春龙<sup>1,2\*</sup> 姚迈<sup>1,2</sup> 王兴旺<sup>1,2</sup> 栾鑫<sup>1,2</sup>

1. 河北工业大学国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心, 天津, 300401

2. 河北工业大学机械工程学院, 天津, 300401

**摘要:** 疲劳驾驶预警系统是减少交通事故发生并加速智能交通建设的重要一环。以优化和扩展现有系统的功能为出发点, 针对系统在不同时序阶段所需功能可能不同的情况, 从概念设计阶段将疲劳驾驶预警系统、TRIZ理论与专利规避相结合, 通过改善九屏幕法分别以过去、现在、未来的角度对目标系统的功能进行分析, 融合成一种基于专利规避的疲劳驾驶预警系统扩展概念设计方案。该方案在专利规避层面成功规避原有的专利方案, 在概念设计层面扩展并改善了原有概念方案的功能, 并以疲劳驾驶预警系统为例验证了方案的可行性。

**关键词:** 疲劳驾驶预警系统; 专利规避; TRIZ理论; 概念设计

**中图分类号:** U463.6; U492.8

DOI:10.3969/j.issn.1004-132X.2026.02.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Extended Conceptual Design of Driver Fatigue Monitor Systems Based on Patent Circumvention Design

WU Chunlong<sup>1,2\*</sup> YAO Mai<sup>1,2</sup> WANG Xingwang<sup>1,2</sup> LUAN Xin<sup>1,2</sup>

1. National Technology Innovation and Implementation Tool Engineering Technology Research Center, Hebei University of Technology, Tianjin, 300401

2. School of Mechanical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin, 300401

**Abstract:** The driver fatigue monitor system played a crucial role in reducing traffic accidents and accelerating the development of intelligent transportation systems. This paper focused on optimizing and expanding the functionalities of existing systems. The varying functionalities of the systems were addressed at different chronological stages. Integrating driver fatigue monitor system with TRIZ theory and patent circumvention strategies from the conceptual design phase, the paper enhanced the nine-screen method to analyze the target system's functionalities from past, present, and future perspectives. This integration led to the development of an expanded conceptual design scheme for a driver fatigue monitor system based on patent circumvention. The proposed scheme successfully navigated existing patent frameworks at the patent to avoid level and extends and improves the functionalities of the original concept at the conceptual design level. The feasibility of the scheme was demonstrated with the driver fatigue monitor systems as a case study.

**Key words:** driver fatigue monitor system; patent circumvention; TRIZ theory; conceptual design

### 0 引言

随着物联网、自然语言处理、深度学习等人工智能技术在汽车领域的逐渐成熟, 汽车已越来越趋于智能化、服务化、多元化, 但在快速发展的同时, 行车安全问题层出不穷。据有关部门的事故调查统计, 全世界超过30%的交通事故是由驾驶疲劳造成的, 疲劳驾驶能够削弱驾驶员的警觉性、

应变性和安全驾驶能力, 从而引发群死群伤的恶性交通事故<sup>[1]</sup>。因此, 如何减少因驾驶员个人因素所引发的交通事故已经成为全世界广泛关注的重要问题。而疲劳驾驶预警系统(driver fatigue monitor system, DMS)作为高级驾驶辅助系统中的重要环节, 不仅能够监测驾驶员的驾驶状态, 还能够发出警报来提醒驾驶员, 从主观性上减少了交通事故的发生。所以从概念设计阶段开始就对疲劳驾驶预警系统进行扩展设计, 对减少交通安全问题具有重要的研究意义。

国内外学者对疲劳驾驶预警系统已进行大量

收稿日期: 2024-11-27

基金项目: 河北省自然科学基金(E2021202183); 谢友柏设计科学研究基金(XYB-DS-202201)

的研究,目前常见的疲劳驾驶系统的检测方法主要有以下几种:利用机器视觉等技术对驾驶员面部、眼部等行为特征进行检测;利用传感器,根据驾驶员的心电图等生理特征变化来判断驾驶员疲劳程度;通过检测车辆行驶状态判断驾驶员是否疲劳。NGUYEN等<sup>[2]</sup>使用带有Haar特征级联分类器的摄像机对驾驶员眼睛状态进行识别,并利用PERCLOS算法检测眼睛睁开幅度的百分比来判定驾驶员的疲劳程度。张希波等<sup>[3]</sup>将研究重点放到转向盘的操作特征上,通过检测转向盘转动频率及幅度来判断驾驶员是否疲劳。GIELEN等<sup>[4]</sup>通过研究温度对人体疲劳及睡意强度的影响,提出通过调节人体温度这种生理变化来减轻驾驶员疲劳。AWAIS等<sup>[5]</sup>研究了多名实验者的驾驶生理数据,提出了融合驾驶员脑电图及心电图的生理特征疲劳监测方法。但以上研究都是从疲劳驾驶检测单方面出发,忽视了驾驶员疲劳的预防、预警措施和预警之后紧急问题处理等方面,不足以将疲劳驾驶预警系统的特点全面地展示出来。

疲劳驾驶预警技术作为近几年日益成熟的新兴技术,只依靠论文还不足以支持目前的概念研究。而专利承载了全世界超过90%的最新技术信息,并且专利中80%的信息没有在其他地方发表<sup>[6]</sup>。以专利信息为知识源是了解或解决某一类技术问题最快速有效的手段,但在引用他人专利技术的同时也会产生专利侵权的风险,故专利规避技术应运而生。许多学者在专利规避设计方面成果颇丰。JIANG等<sup>[7]</sup>从进化规则中识别出技术的下一个发展阶段,并利用矛盾矩阵和发明原理围绕现有专利进行创新和设计。王梁武<sup>[8]</sup>引进了计算机辅助创新软件并结合TRIZ理论提出了一种高效的专利规避流程。李辉等<sup>[9]</sup>从专利制度约束与权力范围出发,基于不同专利规避原则对功能裁剪路径进行了研究,提出了完整的创新设计流程。LIU等<sup>[10]</sup>围绕需求分析来进行专利规避设计,提出一种创新设计流程并通过实例进行了验证。但是以上学者大多针对某种特定时机下(如疲劳驾驶发生时)的简单专利进行规避设计,并未考虑到复杂系统的时序性。对于疲劳驾驶预警系统,倘若在疲劳驾驶发生前后都能对驾驶员的错误行为作出干预,将大大提升驾驶员和乘客的安全性,这也是疲劳驾驶预警系统的设计初衷。对此,本文提出分别以过去、现在、未来的时序视角对疲劳驾驶预警系统进行专利规避设计。

综上所述,目前学者对疲劳驾驶预警系统的研究仍存在缺陷,为了在概念层面对疲劳驾驶预警系统进行改进与扩展,本文将疲劳驾驶预警系统概念设计与专利规避设计相结合,提出基于不同时序专利规避设计的疲劳驾驶预警系统扩展概念设计方案。利用熵权法结合灰色关联分析法寻找核心专利,再通过改进九屏幕法对专利进行功能扩展分析,分别在过去、现在、未来层面对专利进行规避设计与扩展,最后对新方案进行侵权评估,得到疲劳驾驶预警系统的扩展概念设计模型。

## 1 相关基础理论

### 1.1 疲劳驾驶预警系统的组成

疲劳驾驶预警系统又称防疲劳系统,指的是当驾驶员即将瞌睡困倦、注意力不集中或精神萎靡时,系统能够监视并判断驾驶员的疲劳程度,并采取语音警报、振动提醒、电流刺激等措施警告驾驶员,能够使驾驶员瞬间清醒并脱离睡眠状态,减少因驾驶员疲劳驾驶所带来的危害。疲劳驾驶预警系统随着智慧交通等建设的兴起已经成为现代智能汽车研究的重点。疲劳驾驶预警系统一般由信息采集单元、电子控制单元和预警执行单元组成,如图1所示。

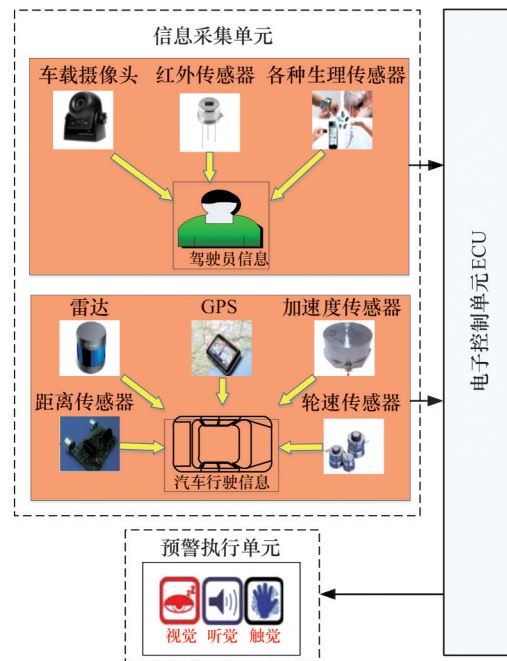


图1 疲劳驾驶预警系统组成

Fig.1 Fatigue driving warning system composition

其中,信息采集单元主要由各种传感器组成,主要检测驾驶员的生理信号、驾驶员行为特征和车辆行驶状态信息并将这些信息传输给电子控制单元。电子控制单元ECU的作用主要是对信息

采集单元传输进来的信号进行分析,判断目前驾驶员是否处于疲劳状态,并及时向预警执行单元发出预警信号。预警执行单元的作用就是通过ECU传输过来的信息,以视觉、听觉、味觉或触觉等方式对驾驶员进行预警,使其脱离疲劳状态。

### 1.2 疲劳驾驶预警系统的疲劳检测方法

常用的驾驶员疲劳驾驶检测方法主要有:基于车辆行驶状态参数的疲劳检测;基于驾驶员的驾驶行为特征的疲劳检测;基于驾驶员生理信号的疲劳检测。但以上检测方法皆有优点与不足。

基于车辆行驶状态参数的疲劳检测就是通过监控车辆行驶过程中的轨迹偏移状况、转向盘的转角及受力变化<sup>[11]</sup>、加速踏板力、速度及加速度的变化等特征来判断驾驶员的疲劳程度。石晓玲等<sup>[12]</sup>通过车辆与车道线的位置数据,建立平均偏离程度和航向角标准差进行疲劳状态判识的模型,并进行了实车验证。胡宏宇等<sup>[13]</sup>对驾驶员的疲劳驾驶行为进行分析,提出了一种基于转向盘转角速度时序分析的驾驶疲劳检测方法。虽然这种检测方法没有与驾驶员直接接触,不会影响驾驶员的驾驶操作,简单实用,但这种检测方法会受到驾驶员本身的驾驶技术和驾驶习惯的影响,再加上自然天气、道路情况、汽车型号等的影响,很大可能导致检测结果产生误差。

基于驾驶员行为特征的疲劳监测是利用机器视觉等技术检测驾驶员在驾驶过程中的眨眼频率、打哈欠频率、频繁低头等行为特征来判断驾驶员是否处于疲劳状态。研究表明,驾驶员是否困倦和基于面部表情的主观评价有很强的相关性。王欣等<sup>[14]</sup>和许伟靖等<sup>[15]</sup>分别利用AdaBoost算法实施人眼定位,再通过统计学的方法计算眼睛闭合度,从而检测驾驶员疲劳程度并进行预警。这种方法在一定程度上提高了疲劳检测的实时性和准确性,但其算法的实现比较复杂,对相机的分辨率要求比较高,受光线强度的影响较大。

基于驾驶员生理信号的疲劳监测是通过驾驶员所穿戴的各种传感器得到的生理参数来判断驾驶员的疲劳状态。王青<sup>[16]</sup>设计了一款无线可穿戴式疲劳驾驶预警系统并用三维卷积神经网络的分类模型来预测司机的疲劳等级,实验结果证明该方案有很强的可行性。刘旭娟等<sup>[17]</sup>通过分析人体脉搏波信号设计了驾驶员脉搏波信号监测及睡意预警装置,并证明了其疲劳监测的可行性。这种检测方法与之前相比准确性更高,有更好的时效性,但这种方式不仅设备昂贵,还直接接触驾驶

员,会对驾驶员的舒适性及便利性产生影响,干扰驾驶员正常行车。

### 1.3 TRIZ理论

经过几十年的发展,TRIZ已经被广泛认为是提高创新设计效率的有力辅助,已在全世界的各个领域得到广泛应用<sup>[18]</sup>。TRIZ理论体系包含了许多工具,主要分为三类:创新思维算法,问题分析工具,问题求解工具,如图2所示。

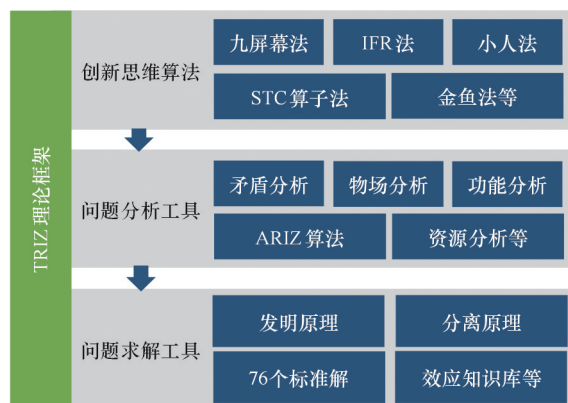


图2 TRIZ理论框架

Fig.2 TRIZ theoretical framework

### 1.4 基于专利规避的概念设计

产品概念设计是一切产品创新设计的源头,是为后续设计铺垫的关键环节。但是目前概念设计大多处于广义设计阶段,无法与产品相对应的功能特点相契合,而将TRIZ理论与产品概念设计相结合,可以打破传统设计的局限,扩展设计思路并提高设计效率。对于概念创新设计研究,朱天明等<sup>[19]</sup>基于TRIZ功能模型与数字孪生五维框架对智能汽车碰撞预警系统进行了概念设计。刘力萌等<sup>[20]</sup>提出TRIZ理论与情景相结合的产品概念设计模型,并以气吸式枸杞采摘机为例进行验证。CHANG等<sup>[21]</sup>利用TRIZ创新工具对假肢手进行了概念设计。武春龙等<sup>[22]</sup>将TRIZ理论引入智能PSS的概念建模中,并将智能汽车作为实例对所提方法进行验证。张水<sup>[23]</sup>将功能导向搜索与TRIZ理论相结合构建了面向功能产品的概念模型,并以秸秆压块成形机为例验证了模型的有效性。由此可见,TRIZ作为概念创新设计的有效工具已经广泛应用于各个领域。

TRIZ理论是从百万份专利的分析与总结中得到的,所以将TRIZ理论引入专利规避设计中,对解决专利领域的工程问题都有很大的帮助。基于TRIZ的专利规避流程主要有目标专利检索、专利信息分析、问题解决、新方案的确定。许多学者将技术进化、功能导向搜索、裁剪法等方法运用

到专利规避设计中,但大多数都是对简单产品或系统进行规避设计,利用专利规避技术对复杂产品系统进行扩展概念设计还未见报道。

为了探索概念设计的新途径,本文提出以专利规避视角构建智能汽车疲劳驾驶预警系统概念方案,并建立了一种基于专利规避的概念设计流程,如图3所示。第一步,对疲劳驾驶预警系统进行专利检索,找到该领域的专利群,再利用熵权法结合灰色关联分析法找到核心专利并确定规避对象。第二步,进行专利分析,建立功能模型,并利用九屏幕法思想对专利功能从过去、现在、未来层面进行功能扩展分析。九屏幕法是TRIZ理论中一种打破传统狭窄范围内惯性思维模式的方法<sup>[24]</sup>,这种方法涉及系统、空间、时间三个维度,可以更好地挖掘现有系统的缺陷,从多个角度对问题进行分析,增加了解决问题的新途径<sup>[25]</sup>。从概

念设计的层面出发,任何系统都会经历过去、现在、未来这三个时间段,而每个时间段系统所需要的功能也会有不同,只有在过去、现在和未来层面分别对系统功能进行分析与完善,整个系统功能才会完整,故九屏幕思想与本文的扩展概念设计理念完全契合。第三步,利用TRIZ工具将实际工程问题转变为通用性问题并查找标准解,得到问题的解决办法。第四步,专利侵权判定。

## 2 专利检索与价值评定

### 2.1 专利数据检索

本文采用的专利检索平台是智慧芽专利检索平台。首先以疲劳驾驶预警系统作为初次检索主题进行第一次检索,检索到286项专利数据,然后利用智慧芽软件的热点词云分析功能得到所有专利中出现频率最多的词汇为“防疲劳”“疲劳驾驶”“驾驶安全”等。然后采用目前公认最准确的关键词+IPC分类号的布尔逻辑检索方法,以“防疲劳”“疲劳驾驶”“驾驶安全”等作为关键词,并且结合其分类号进行多次检索,搜索年限为2010-2021并进行分析与筛选,得到104项专利。

### 2.2 专利价值评价方法

虽然通过上述步骤共筛选出104项专利,但这些专利并非全是核心专利,其中存在一些专利丛林或企业布局的外围专利,而仅对非核心专利进行规避设计仍可能会出现侵犯专利群中其他专利的风险。所以寻找一种能在众多专利中准确找到核心专利的方法,对避免无效规避与了解该领域的发展状况是十分重要的。

#### 2.2.1 专利评价指标

通过分析大量专利,本文提出一种专利价值评价体系,首先将技术、法律、商业这三个层面作为专利评价的一级指标,每个一级指标又包括多个二级指标,并利用这些指标来评价专利的价值,见表1。

#### 2.2.2 核心专利识别指标权重方法

熵权法是一种通过对各指标变异范围的判断来计算权重的赋权方法,其最大的优点就是具有客观性,与一些主观性的赋权方法相对比,熵权法可以减少人为误差,其精确度更高,但不能对系统进化方向进行预测。而灰色关联分析法是一种能够描述系统进化发展方向并通过参考对象与比较对象之间的关系来确定整个系统关联程度的量化分析方法。灰色关联分析法因其简单可靠的优点已广泛应用于众多领域。故本文采用熵权法与灰

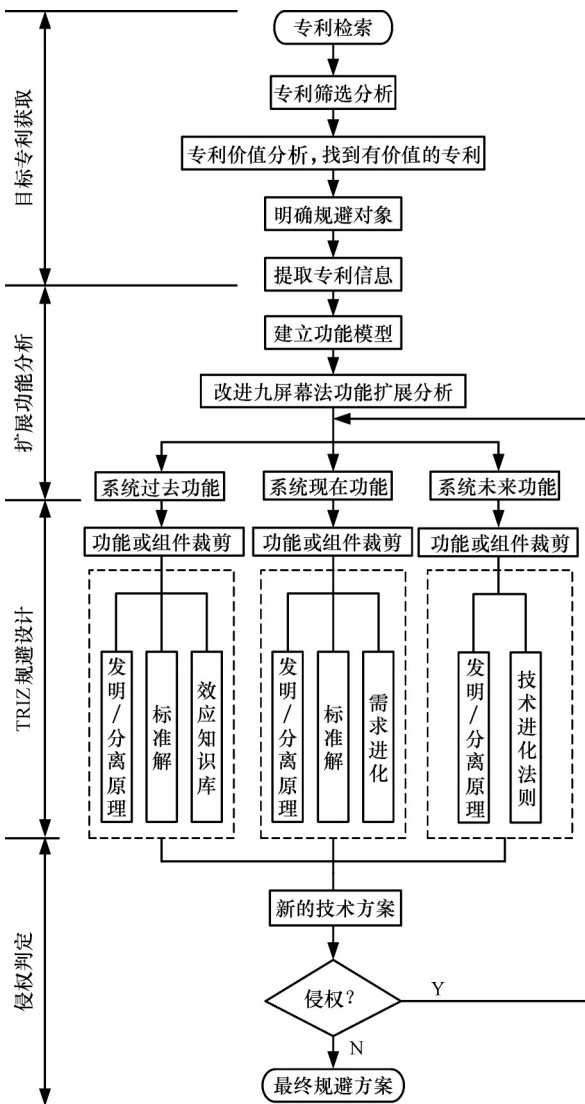


图3 基于专利规避的概念设计流程

Fig.3 Conceptual design flow based on patent avoidance

表1 专利评价指标

Tab.1 Patent Evaluation Indicators

一级指标	二级指标	解释
技术层面价值	专利引证数	引用专利数量越多,创新性越强,覆盖内容更全面
	专利被引次数	专利被引用次数越多,专利的影响力越大,技术价值越高
	发明人数	专利的发明人数越多,说明专利的投入成本越多,专利技术含量越高
	文献引证数	专利引用的文献越多,代表本领域的技术关联性越高
法律层面价值	权利要求数	专利的权利要求数量代表法律保护范围大小
	独立权利要求数	专利的独立权利要求数量
	IPC分类数量	专利中包含不同IPC小类的数量
商业层面价值	申请时长	专利申请的时间越长,代表商业价值越高
	专利转让次数	专利转让次数越多,商业价值越高
	同族专利数量	同族专利数量越多,代表全球布局范围越广

色关联分析法相结合的指标权重方法并且利用 MATLAB 软件进行计算,具体步骤如下:

1)根据所查找的专利信息建立专利指标信息表(表2),并建立判断矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $X_{ij}(i=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,n)$ 代表第*i*个专利的第*j*个评价指标的原始数据,又称为比较对象序列。

2)对上述判断矩阵进行标准化处理,得到标准化矩阵  $R$  :

$$R_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

3)计算出第*j*个指标的熵值  $E_j$  :

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m \frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^m R_{ij}} \cdot \ln \left( \frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^m R_{ij}} \right) \quad (3)$$

4)如表3所示,利用得到的信息熵  $E_j$  计算出各项指标的熵权  $W_j$  :

$$W_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \quad (4)$$

5)将各项指标的最大值所组成的序列称为参考对象序列并用  $K_j$  表示,并通过式(2)进行标准化处理,得到  $M_j$ 。

6)如表4所示,求出参考对象序列  $K_j$  与比较对象序列  $X_{ij}$  之间的关联数  $\zeta_{ij}$  :

$$\zeta_{ij} = \frac{\min_{i=1}^m \min_{j=1}^n (M_j - R_{ij}) + \eta \max_{i=1}^m \max_{j=1}^n (M_j - R_{ij})}{(M_j - R_{ij}) + \eta \max_{i=1}^m \max_{j=1}^n (M_j - R_{ij})} \quad (5)$$

式中, $\eta$ 为分辨系数,通常取0.5,本文 $\eta$ 为0.5。

6)根据式  $B_i = \sum_{j=1}^n W_j \zeta_{ij}$  计算最后专利得分,结果如表5所示。

表2 专利基本信息数值

Tab.2 Numerical of basic patent information

专利公开号	专利引证数	专利被引次数	发明人数	文献引证数	权利要求数	独立权利要求数	IPC分类数量	申请时长	专利转让次数	同族专利数量
CN211529286U	1	0	7	0	7	1	1	10	0	1
CN211483131U	1	0	3	0	5	1	1	10	0	1
CN211765230U	0	0	6	0	4	1	6	10	0	1
CN212685342U	0	0	6	0	4	1	1	10	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
CN212814626U	0	0	3	0	10	1	1	10	0	1
CN211252391U	1	0	3	0	7	1	3	10	0	1
CN108973783A	11	1	1	0	2	1	3	20	1	2

表3 专利各项指标的权重值

Tab.3 Weights of indicators for patents

专利引证数	专利被引次数	发明人数	文献引证数	权利要求数	独立权利要求数	IPC分类数量	申请时长	专利转让次数	同族专利数量
0.1569	0.2562	0.0172	0.2562	0.0128	0.0002	0.0339	0.0052	0.2562	0.0052

根据专利价值排名,选择前5%的专利作为核心专利群,排名前五的专利如表5所示。经分

析,排名第一的CN101944271A和排名第三的CN104751600B侧重于疲劳驾驶发生时对预防疲

表 4 专利指标的关联系数

Tab.4 Correlation coefficients for patent indicators

专利公开号	专利引证数	专利被引次数	发明人数	文献引证数	权利要求数	独立权利要求数	IPC分类数量	申请时长	专利转让次数	同族专利数量
CN211529286U	0.3548	0.8462	1	1	0.6471	1	0.5238	0.3548	1	0.8462
CN211483131U	0.3548	0.8462	0.5789	1	0.5238	1	0.5238	0.3548	1	0.8462
CN211765230U	0.3333	0.8462	0.8462	1	0.4783	1	1	0.3548	1	0.8462
CN212685342U	0.3333	0.8462	0.8462	1	0.4783	1	0.5238	0.3548	1	0.8462
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
CN212814626U	0.3333	0.8462	0.5789	1	1	1	0.5238	0.3548	1	0.8462
CN211252391U	0.3548	0.8462	0.5789	1	0.6471	1	0.6471	0.3548	1	0.8462
CN108973783A	1	1	0.4738	1	0.4074	1	0.6471	1	1	1

表 5 专利得分与排名

Tab.5 Patent score and ranking

专利公开号	分数	排名
CN101944271A	0.989	1
CN105336105A	0.987	2
CN104751600B	0.984	3
CN106314437B	0.976	4
CN108973783A	0.9715	5

劳驾驶方法的研究,其功能实现装置为模块化的概念模型且较为简单,不适于作为本文的分析案例;而在排名第二的CN105336105A和排名第四的CN106314437B中,前者的功能实现装置包括头戴式的眼镜或耳机支架,后者包括智能手环,两者均为额外的穿戴设备,虽然这类方法可以实现预防疲劳驾驶的功能,但是正如1.2节所述,这种方法不仅增加了较高的设备成本,而且会影响驾驶员的舒适性及便利性,其实用性不高,亦不适于作为本文的分析案例;排名第五的CN108973783A是一种防疲劳驾驶提醒装置,其设计方案有详细的功能实现装置设计和作用方案,且具有较高的创新性和可实现性,但它同样只考虑了在疲劳驾驶发生时规避风险的功能,对疲劳驾驶发生前后的风险预防和紧急避险功能没有涉及,该专利仍有改进空间。综上所述,本文以CN108973783A作为规避对象进行验证。

### 3 以专利规避视角构建智能汽车疲劳驾驶预警系统概念方案

#### 3.1 专利分析

确定规避对象的专利号为CN108978783A后,首先对专利的权利要求说明书进行仔细研读后识别出该专利共有26个主要组件,再根据专利信息建立专利结构图。待规避专利主要分为控制装置、喷雾装置、按摩装置三部分,如图4所示。

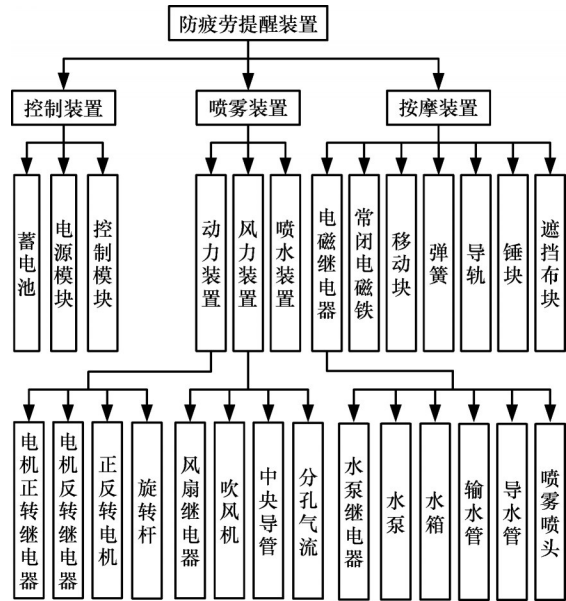


图 4 专利结构图

Fig.4 Patent structure diagram

#### 3.2 功能模型的建立

根据专利结构图及专利权利要求说明书确定系统中的元件、制品以及超系统,并且提取组件间的相互关系,查找系统中元件之间的主要功能要求,确定组件之间的标准作用、不足作用、有害作用、过度作用。如图5所示,其中初步分析驾驶员头部对压力传感器有不足作用、按摩模块对系统的预警有不足作用、分流气孔喷射水雾会产生有害作用。

#### 3.3 改进九屏幕法功能扩展分析

九屏幕法是TRIZ算法中以时间顺序将系统分为过去、现在和未来三项并用发散思维的方法,而目前的专利规避方法都只是基于现在系统功能模型中的不足、过度、有害作用为规避设计的出发点,从过去、现在和未来的角度分别对专利的功能进行分析与规避设计还未见报道,故目前的专利规避所得到的方案是不完善的。本文受九屏幕法启发,将所规避专利的系统及其功能分别在

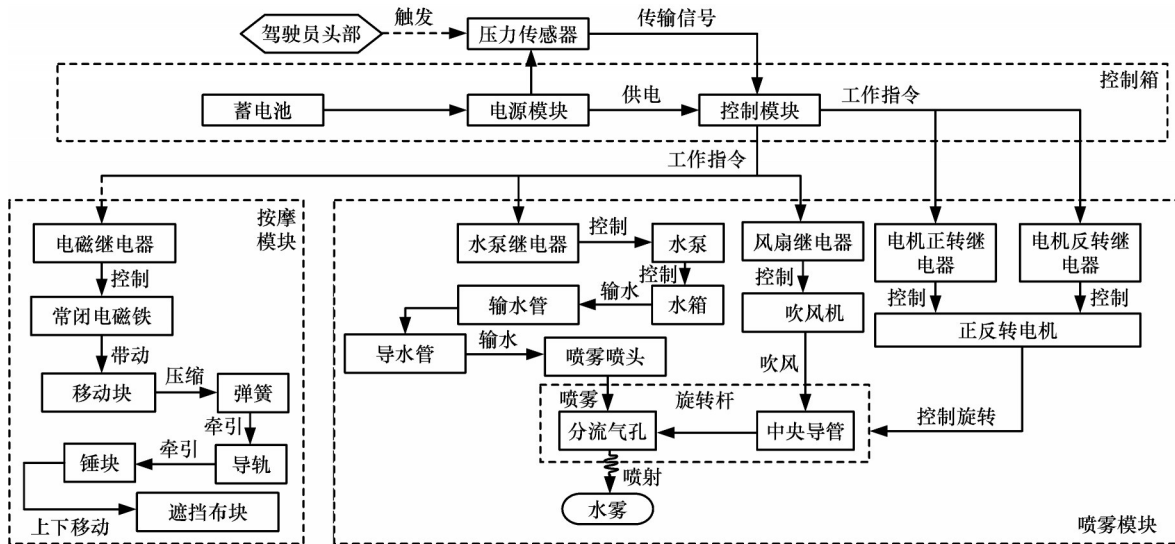


图5 原专利疲劳驾驶预警系统功能模型

Fig. 5 Functional model of the original patented fatigue driving warning system

过去、现在、未来三个时间维度进行扩展分析，见表6。

表6 疲劳驾驶预警系统的九屏幕法分析

Tab.6 Nine-screen method analysis of fatigue driving warning system

总系统名称	时间	子系统名称	系统应具备的功能
疲劳驾驶预警系统	过去	预防疲劳系统	在驾驶员还没有处于疲劳状态之前，系统会自动采取一些措施防止驾驶员疲劳，从根本上解决驾驶疲劳问题
	现在	疲劳预警系统	检测驾驶员是否疲劳并且对驾驶员进行预警提醒
	未来	预警无效后汽车自动后处理系统	在预警结束后，如果驾驶员仍没有任何操作，系统将自动采取某些措施，防止交通事故的发生。

### 3.4 专利规避设计

#### 3.4.1 过去系统功能层面

目前系统的功能只局限于驾驶员疲劳的检测与预警，但这不是解决疲劳驾驶最有效的办法，解决一个问题最好的办法就是从根源出发来避免问题的发生，体现了从系统的过去层面对功能进行分析的重要性。根据上述改进九屏幕法功能的扩展分析，本文以预防驾驶员疲劳的角度对疲劳驾驶预警系统进行功能分析与规避设计。

预防疲劳系统的定义是当驾驶员的驾驶条件或所处的驾驶环境已经达到能够致使驾驶员疲劳的临界条件时，系统能够自动采取某种措施提醒驾驶员即将进入疲劳状态应尽快休息或改善当前的驾驶环境来预防驾驶员疲劳。经调查分析影响驾驶员疲劳主要有两个因素：①驾驶员的驾驶时间；②驾驶员所处的驾驶环境，例如高温或者长时间不变的视觉感官等。

对于驾驶时间的问题，根据头脑风暴法，在系统中加入一个定时器，因正常驾驶员超过4h就会感到疲劳，可以根据每个驾驶员的身体状况来制定其驾驶时间，一旦到了规定的时间，控制系统就会启动声音、振动等预警措施来使驾驶员保持清醒状态并提醒驾驶员注意休息。

对于驾驶环境对驾驶员的疲劳产生影响的问题，其主要因素是温度对驾驶员的影响。本文使用物质-场模型来处理这类问题，首先建立问题的物质-场模型，如图6中①所示。

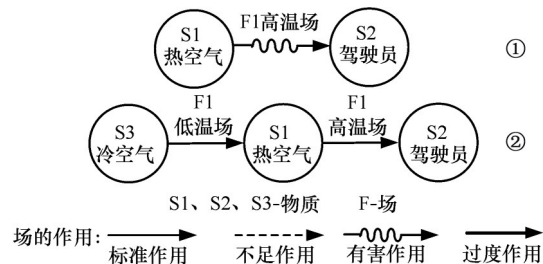


图6 改进前后的物质-场模型对比

Fig.6 Comparison of matter-field model before and after improvement

根据所建问题的物质-场模型，应用标准解解流程，得到标准解为No.12引入另一种物质或场来抵消原本物质-场对驾驶员的有害作用。具体方法：可以在汽车中加入温度传感器，当传感器检测到车内温度过高时，控制系统会自动开启车内空调，降低车内温度，防止驾驶员达到疲劳状态，改进后的物质-场模型如图6中②所示。

#### 3.4.2 现在系统功能层面

功能缺陷。由功能模型分析可知，在现在系统层面目前共存在以下几种缺陷：

1)有害作用A。旋转杆放置于驾驶员的侧面既占用了汽车内的大量空间,又在一定程度上影响驾驶员的驾驶操作。

2)有害作用B。旋转杆内的喷雾喷头虽然能喷出水雾使驾驶员瞬间清醒,但大量的水雾会凝结在旋转杆内壁变成水珠滴下,影响汽车内的清洁与驾驶员的舒适性。

3)不足作用C。该装置的预警方法采用的是按摩靠背的方法,既可以对驾驶员产生提醒,又能通过按摩减轻驾驶员的疲劳,但同样受驾驶习惯的影响,当驾驶员疲劳昏睡时身体是向前倾斜的,并没有紧靠座椅,那么这种预警方式就会失效。

规避设计求解方法:

1)首先对有害功能A进行分析。根据旋转杆占用车内大量空间并影响驾驶员正常驾驶的问题,采用删除有害作用元件并引入新元件实现相应功能的裁剪规则。旋转杆在系统中的作用是承载作用于驾驶员的带有水雾的凉风且能改变风向的一种装置。当删除旋转杆引入新元件时,系统面临着既需要一种能够承载风力、水力还能改变风向的载体,又要求此载体不要占用车内的大量空间并且不影响驾驶员操作的问题。经分析,此类问题属于技术冲突,故应该应用技术冲突理论解决此类问题。

首先通过39个工程参数将技术问题标准化,找到系统的改善参数及恶化参数。其中改善参数为10(力),恶化参数为8(静止物体体积)和36(装置的复杂性),并根据冲突矩阵找到对应的发明原理为2、18、26、35、36,见表7。

表7 发明原理简介

Tab.7 Summary of invention principles

编号	发明原理	解释
2	分离	在某些特殊情况下,可以将系统中的干扰部分或者关键部分分离出来
10	预操作	可以提前对系统执行一些操作,使系统达到所需要的状态
18	振动	通过促使物体振动或改变振动频率来得到物体所需要的功能
26	复制	通过简单的替代品来代替复杂的系统或者物体
35	改变参数	改变物体的各种物理属性或者周围的环境来找到问题的突破点
37	热膨胀	利用物体材质的热膨胀、热收缩特性或者将不同膨胀系数的材料组合起来

受表7中发明原理2分离原理与26复制原理的启发,本文采用一种既能承载风扇吹出的作用于驾驶员的风力又使用简单且不影响驾驶员操作的装置来替代原系统复杂的旋转杆。而汽车上原

本就存在一种自带风扇并且改变风向的装置,即汽车的空调系统,基于以上考虑,本文采用汽车的空调系统来代替旋转杆的作用,修改后的系统不仅能完美实现其原本功能,而且由于空调系统本就存在风扇,这样就可以不用装置外部风扇,在简化系统且不影响驾驶员的驾驶操作的同时又不用占用汽车内的其他空间,增强了汽车的舒适性。

2)其次对有害功能B进行冲突分析。要使驾驶员在疲劳的状况下瞬间清醒,就要加大旋转杆上喷雾喷头向驾驶员喷射水雾的喷射量,但喷射量过大,水雾会凝结在旋转杆上形成水珠滴到驾驶员身上或车内。该类问题属于物理冲突,故应该应用四大分离原理解决此类问题。

查找四大分离原理,采用基于条件的分离。根据基于条件的分离原理中对应的发明原理35参数变化发明原理可得到解决方案。本文将一种含有特殊物质的香精盒替代喷射喷头喷射的液态水,香精盒中主要装有黏稠的清凉油或能够使人清醒的固态香精,将香精盒装置在风扇前,通过风扇吹出带有特殊味觉的空气来使驾驶员脱离疲劳有困意的状态。

但此时系统又会面临一个矛盾,要得到特殊气味的空气,那么香精盒就要打开到最大,但为避免驾驶员在清醒状况下也会受到气味的影响,对气味产生抗性,就要求香精盒关闭。根据四大分离原理的时间分离原理,采取一种香精盒控制开关,只有在检测到驾驶员疲劳时控制模块才会打开香精盒,其余时刻香精盒都是关闭状态。

3)对于不足作用,某种情况下按摩座椅的提醒作用可能会失效,系统仅靠吹出带有气味的冷空气对驾驶员预警作用不足的问题,经过分析,本文根据物质-场模型方法解决这个问题,建立待解决问题的物质-场模型,如图7中①所示。

根据所建物质-场模型,应用标准解解题流程,得到标准解为No.16对可控性差的场,可以用其他场代替或增加一个易控场来加强物质-场。受此启发,本文引入声场来加强对驾驶员的预警作用。具体方法:可以在汽车中加入蜂鸣器,当系统检测到驾驶员疲劳时,控制模块会控制蜂鸣器发出警报来提醒驾驶员,并且车辆仪表盘旁有蜂鸣器控制开关,蜂鸣器的关闭只能由驾驶员手动关闭,否则会一直发出警报。改进后的物质-场模型如图7中②所示。

### 3.4.3 未来系统功能层面

根据改进九屏幕法功能扩展,从未来系统的

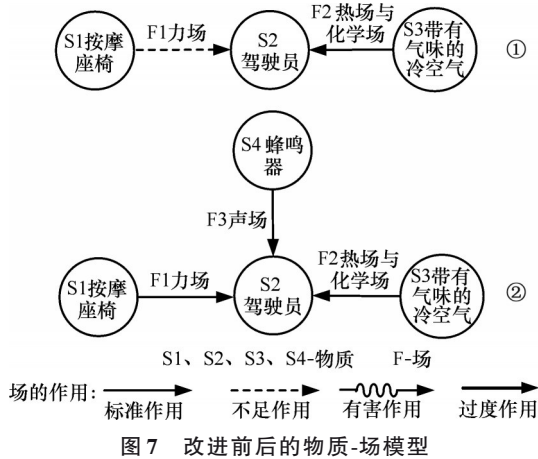


Fig.7 Matter-field model before and after improvement

层面分析,系统缺乏在驾驶员深度疲劳且所有的预警措施无效的情况下,对危险情况自动处理的功能。利用九屏幕法对系统的未来层面进行功能分析的目的就是改善目前系统的不足,满足消费者对未来层面的要求,换言之可以总结为系统的进化问题。而 TRIZ 理论中的技术进化定律本

就是通过大量的工程系统与专利分析总结出预测系统未来进化方向以提高系统理想化的方法。两者之间有一定的契合性,故本文采用技术进化理论解决系统未来层面涉及的设计问题。

根据技术进化定律中提高可控性定律中的向自适应控制进化的进化路线和向自动控制进化的进化路线,减少人工参与度,实现系统的自适应或自动控制,提高系统的控制效率与精度,是所有系统的理想进化趋势。受此启发,联想到可以使汽车上的自适应巡航系统与疲劳驾驶预警系统相结合的方法。在蜂鸣器已经响了一段时间但驾驶员还没有主动关闭的状况下,系统认为之前的预警行为没有起到有效的作用并且驾驶员依旧没有清醒,这时控制系统接收到蜂鸣器开关的反馈信息会自动开启自适应巡航,防止驾驶员疲劳后发生的重大事故,并且加大蜂鸣器的音量,通过蜂鸣器警醒周围车辆或行人远离此车。分别以过去、现在、未来的角度对系统进行改进后的功能模型如图8所示。

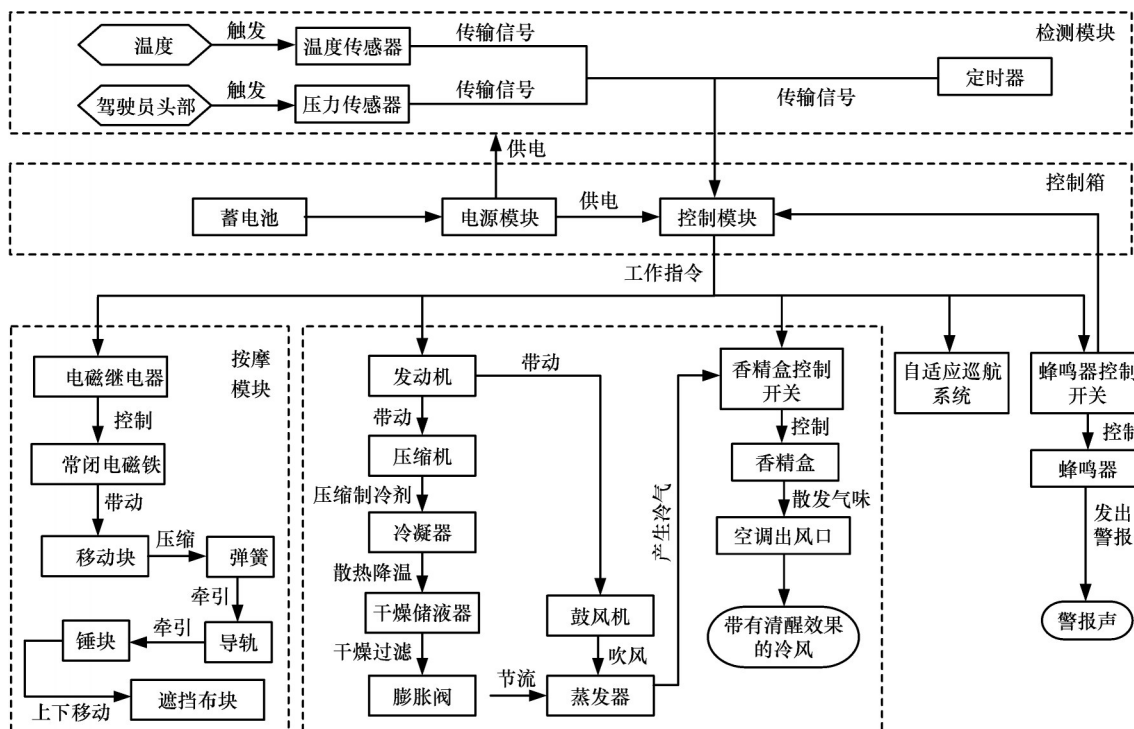


图8 改进后的疲劳驾驶预警系统功能模型

Fig.8 Functional model of the improved fatigue driving warning system

### 3.5 专利侵权判定

通过将改进九屏幕法功能扩展分析后系统的功能模型与原始的功能模型对比,新方案分别在过去、现在、未来层面对原系统预警措施的有害、不足作用进行了改进和补充。通过专利侵权原则进行侵权判定,本文设计方案已成功规避了原专利的专利保护范围。

### 4 结语

汽车的疲劳驾驶预警系统已经广泛地进入了大众的视线,作为主动安全中的重要环节,疲劳驾驶预警系统能够将疲劳驾驶的风险扼杀在萌芽之中,在一定程度上保障了驾驶员与行人的安全,所以在概念层面对疲劳驾驶预警系统进行强化设计

是非常有意义的。本文从专利视角出发,将TRIZ、专利规避设计、概念设计等理论与智能汽车的疲劳驾驶预警系统相融合,提出了一种基于过去、现在、未来时间线的功能扩展专利规避框架,并通过了专利侵权判定,与原有专利规避方法相比,本文规避方法打破了现有专利规避设计方法的局限性,扩展了专利规避设计方法的全面性,提出了一种清晰明确的专利规避设计流程。

参考文献:

[1] State of the Road Fatigue Fact Sheet. Available online: [EB/OL]. <https://www.fatiguemanagementtrainingonline.com.au/blog/state-of-the-road-fatigue-fact-sheet/> (accessed on 30 March 2017).

[2] NGUYEN T P, CHEW M T, DEMIDENKO S. Eye Tracking System to Detect Driver Drowsiness[C]//2015 6th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA). Queenstown, 2015: 472-477.

[3] 张希波,成波,冯睿嘉.基于方向盘操作的驾驶人疲劳状态实时检测方法[J].清华大学学报(自然科学版),2010,50(7):1072-1076.

ZHANG Xibo, CHENG Bo, FENG Ruijia. Real-time Detection of Driver Drowsiness Based on Steering Performance [J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2010, 50(7): 1072-1076.

[4] GIELEN J, AERTS J M. Feature Extraction and Evaluation for Driver Drowsiness Detection Based on Thermoregulation[J]. Applied Sciences, 2019, 9(17): 3555.

[5] AWAIS M, BADRUDDIN N, DRIEBERG M. A Hybrid Approach to Detect Driver Drowsiness Utilizing Physiological Signals to Improve System Performance and Wearability [J]. Sensors, 2017, 17(9): 1991.

[6] World Intellectual Property Indicators-2011 Edition [EB/OL]. [http://www.wipoint/export/sites/www/freepublications/en/intproperty/941/wipo\\_pub\\_941\\_2011.pdf](http://www.wipoint/export/sites/www/freepublications/en/intproperty/941/wipo_pub_941_2011.pdf).

[7] JIANG Ping, ZHAI Jinjin, CHEN Zishun, et al. The Patent Design around Method Based on TRIZ [C] //2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Beijing, 2009: 1067-1071.

[8] 王梁武. TRIZ理论在产品专利规避中的应用研究及软件开发[D].广州:广东工业大学,2016.

WANG Liangwu. Research on the Application of TRIZ Theory in Product Patent Evasion and Software Development [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2016.

[9] 李辉,刘力萌,赵少魁,等.面向机械产品专利规避的功能裁剪路径研究[J].中国机械工程,2015,26(19):2581-2589.

LI Hui, LIU Limeng, ZHAO Shaokui, et al. Study on Function Cutting Paths of Patent Design around for Mechanical Products [J]. China Mechanical Engineering, 2015, 26(19): 2581-2589.

[10] LIU Yanmin, JIANG Ping, WANG Wei, et al. Integrating Requirements Analysis and Design around Strategy for Designing around Patents [C] //2011 IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering. Wuhan, 2011: 29-32.

[11] 李作进,李仁杰,李升波,等.基于方向盘转角近似熵与复杂度的驾驶人疲劳状态识别[J].汽车安全与节能学报,2016,7(3):279-284.

LI Zuojin, LI Renjie, LI Shengbo, et al. Driver Fatigue Recognition Based on Approximated Entropy and Complexity of Steering Wheel Angle [J]. Journal of Automotive Safety and Energy, 2016, 7(3): 279-284.

[12] 石晓玲,杨英仓.基于车辆行驶轨迹特征的驾驶人疲劳状态识别技术研究[J].中国新通信,2017,19(2):158-160.

SHI Xiaoling, YANG Yingcang. Driver Drowsiness Detection Based on Vehicle Track [J]. China New Telecommunications, 2017, 19(2): 158-160.

[13] 胡宏宇,高振海.基于转向盘转角速度时序分析的驾驶员疲劳检测方法[C]//2015中国汽车工程学会年会.重庆,2015:60-62.

HU Hongyu, GAO Zhenhai. Driver Drowsiness Detection Based on Time Series Analysis of Steering Wheel Angular Velocity [C] //2015 Proceedings of the Annual Conference of the Chinese Society of Automotive Engineering. Chongqing, 2015: 60-62.

[14] 王欣,吴键,孙涵,等.基于DSP的疲劳驾驶视觉检测与预警系统设计[J].测试技术学报,2020,34(6):506-513.

WANG Xin, WU Jian, SUN Han, et al. Design of Visual Detection and Early Warning System for Fatigue Driving Based on DSP [J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2020, 34(6): 506-513.

[15] 许伟靖,王迪,单超颖.基于视频监控的疲劳驾驶检测技术的研究[C]//第十六届沈阳科学学术年会.沈阳,2019:405-408.

XU Weijing, WANG Di, SHAN Chaoying. Research on Fatigue Driving Detection Technology Based on Video Monitoring [C] // Proceedings of the Sixteenth Annual Shen yang Science Symposium (Science, Technology, Agriculture and Medicine). Shenyang, 2019: 405-408.

[16] 王青.基于3D CNN的疲劳驾驶预警系统的研究[D].南京:南京邮电大学,2019.

WANG Qing. Wireless Wearable Fatigue Driving Early-warning System Based on 3D CNN [D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2019.

[17] 刘旭娟,徐俊喆.基于脉搏波检测的驾驶员睡眠预警装置[J].计算机测量与控制,2018,26(5):249-251.

LIU Xujuan, XU Junzhe. Driver Drowsiness Warning Device Based on Pulse Wave Detection [J]. Computer Measurement & Control, 2018, 26(5): 249-251.

[18] 郭鸿湧.技术创新方法基础[M].北京:科学出版社,2020.

GUO Hongyong. Fundamentals of Technological Innovation Methods [M]. Beijing: Science Press, 2020.

[19] 朱天明,武春龙,周有城,等.基于TRIZ功能建模的扩展碰撞预警系统数字孪生概念方案构建[J].计算机集成制造系统,2021,27(2):337-351.

ZHU Tianming, WU Chunlong, ZHOU Youcheng, et al. Construction of Extended Collision Warning System Digital Twin Conceptual Scheme Based on TRIZ Functional Modeling [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2021, 27(2): 337-351.

[20] 刘力萌,檀润华,张换高,等.基于情景与TRIZ的产品概念设计过程研究[J].机械设计,2021,38(2):15-22.

LIU Limeng, TAN Runhua, ZHANG Huangao, et al. Research on the Process of Product Conceptual Design Based on the Scenarios and TRIZ [J]. Journal of Machine Design, 2021, 38(2): 15-22.

[21] CHANG W, TSENG C, WU Longlong. Conceptual Innovation of a Prosthetic Hand Using TRIZ [J]. Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, 2008, 29(2): 111-120.