



汽车技术创新与研发系列丛书

# 驾驶员视觉分散 特征识别及检测方法

路玉峰 朱淑亮 著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

汽车技术创新与研发系列丛书

# 驾驶员视觉分散特征 识别及检测方法

路玉峰 朱淑亮 著



机械工业出版社

《驾驶员视觉分散特征识别及检测方法》一书从视觉分散对驾驶员驾驶能力的影响研究入手,开展驾驶员视觉分散检测技术的研究,并重点研究基于视频图像分析的驾驶员视觉分散特征的提取方法。具体内容包括:研究视觉分散对驾驶性能的影响;研究多姿势下驾驶员面部、面部特征点精确定位的方法;研究驾驶员面部姿势的提取方法,提出利用核主元分析估计驾驶员面部姿势的方法;研究驾驶员视线方向提取方法,提出基于 Multi-PCA (多主元分析)的视线方向估计方法;研究 PCA 实现原理,分析常用 PCA 应用于识别时存在的问题;研究驾驶员转向行为识别,提出根据手部位置标准差来识别驾驶员转向行为的方法。

本书适合从事汽车设计、汽车理论研究等工作的技术人员阅读参考,也适合车辆工程等专业的研究生学习。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

驾驶员视觉分散特征识别及检测方法/路玉峰,朱淑亮著. —北京:  
机械工业出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-111-50151-0

I. ①驾… II. ①路…②朱… III. ①驾驶员 - 视觉识别 - 研究  
IV. ①B842. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 094052 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:杜凡如 责任编辑:刘 焯

版式设计:赵颖喆 责任校对:张晓蓉

封面设计:张 静 责任印制:刘 岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2015 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 11.75 印张 · 225 千字

0001—1500册

标准书号: ISBN 978-7-111-50151-0

定价: 39.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



# 前言 Preface

---

据不完全统计，全世界每年约有 60 万人死于交通事故，约 1000 万人受伤，其中驾驶员注意分散是引起汽车交通事故的重要原因，占撞车事故的 25% ~ 37%。相关研究表明，驾驶员注意分散的频率与发生事故的概率具有很高的相关性（相关系数为 0.72），相比较于正常情况下，驾驶员分心时（如拨打电话）发生事故的概率将提高 3 倍。

驾驶员视觉分散研究是驾驶员注意分散研究的一个重要组成部分，在最初的研究中没有详细分类注意分散的类型，而是把所有的类型统称为注意分散。驾驶员视觉分散是众多交通事故的诱因，并且随着车载信息系统的增加，将会引起驾驶员越来越多的视觉分散行为，从而引发更多的交通事故。检测驾驶员视觉分散并警告驾驶员，可减少类似原因造成的交通事故。

本书从视觉分散对驾驶员驾驶能力的影响研究入手，开展驾驶员视觉分散检测技术研究，并重点研究基于视频图像分析的驾驶员视觉分散特征的提取方法。主要内容包括：

(1) 设计实验让驾驶员阅读 4 处位置上的 2 类文本信息，使其产生 8 种不同的视觉分散。分析驾驶员观察不同位置处视觉分散时车辆的 SDLP（偏离道路中心距离的标准差），以研究视觉分散对驾驶性能的影响。根据驾驶过程中驾驶员视线变化的特点，建立基于驾驶员面部姿势与视线方向识别，并包含转向行为识别的视觉分散检测模型。

(2) 研究多姿势下驾驶员面部特征点精确定位的方法。研究利用肤色混合高斯模型预定位人脸区域，然后根据眉毛、嘴唇位置精确定位驾驶员面部的的方法。针对眉毛区域灰度值低、变化剧烈的特点，研究基于联合投影函数定位驾驶员眉毛上边缘的方法。研究背景滤除的方法，克服面部横摆角度较大时眉毛定位不准的缺点。研究利用唇色多项式模型及嘴唇比人脸肤色更红的的特点定位驾驶员嘴唇区域下边缘。



(3) 研究驾驶员面部姿势的提取方法, 提出利用核主元分析估计驾驶员面部姿势的方法。研究获取标准样本图像的方法, 设计样本图像采集系统。利用核主元分析把高维面部图像存在的流形结构嵌入到二维空间, 建立估计面部姿势的标准曲线。根据姿势曲线拟合圆, 提出利用拟合圆心及姿势曲线上与新投影点最近的 2 个点, 来估计新投影图像对应角度的方法, 估计精度可满足一定实际需要。

(4) 研究驾驶员视线方向提取方法, 提出基于 Multi-PCA (多主元分析) 的视线方向估计方法。针对驾驶环境中精确提取视线方向的困难, 把视线方向分为 5 类 (上、下、左、右、前), 为每种视线方向的图像建立特征空间, 利用主元分析提取每类视线的共有的统计特征, 再根据测试样本在每类特征空间下的重构误差来进行分类。该方法充分运用了 PCA 变换的最佳逼近性能, 并提取每类视线图像的独有特征, 实验结果表明该方法可以获得更高的识别准确率。

(5) 研究驾驶员转向行为识别, 提出根据手部位置标准差来识别驾驶员转向行为的方法。驾驶员在十字路口处的转向过程中, 视线方向偏离车辆前方的时间将超过 2s, 检测系统会误认为是视觉分散。研究驾驶员驾驶过程中双手位置变化的特点, 根据转向过程中驾驶员手部位置变化剧烈的特性, 提出利用双手位置标准差识别驾驶员转向行为的方法, 以防止将驾驶员转弯行为误判为视觉分散。

(6) 研究结构化道路的检测方法。提出基于领域主成分分析法的道路图像平滑方法。为增强道路图像对比度, 作者提出基于 Sin 函数的图像拉伸曲线; 提出图像分区垂直积分投影的车道线检测方法; 针对投影曲线平滑后曲线轮廓易改变的缺点, 提出新平滑方法, 该方法能在保持原始投影曲线形状基本不变的前提下进行平滑。作者研究了车道线边缘点的调整方法, 以便能更加精确地检测出车道线边缘。为提取车道标志线的特征参数, 采用最小二乘法对车道线进行边缘拟合。

(7) 驾驶疲劳作为视觉分散的特殊情况, 本书采用多信息融合技术对驾驶员疲劳进行检测。根据采集信息特点, 采用分布式信息融合结构, 在决策级根据粗糙集理论进行驾驶员疲劳信息融合判断。针对粗糙集理论的要求, 研究条件属性的离散归一化问题, 建立单个检测特征量与驾驶员疲劳程度之间的量化关系, 研究数据的约简方法, 得出最小决策算法, 通过决策算法判断驾驶员疲劳程度。

由于著者水平有限, 书中不足之处, 敬请读者批评指正。

著 者



# 目 录

## Contents

### 前言

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 研究背景及意义 .....	1
1.1.1 研究背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	2
1.2 驾驶员视觉分散研究历程 .....	3
1.3 视觉分散对驾驶能力影响研究现状 .....	4
1.3.1 评测方法 .....	5
1.3.2 实验方法 .....	6
1.4 驾驶员视觉分散检测研究现状 .....	7
1.4.1 特定作业检测 .....	8
1.4.2 认知分散检测 .....	9
1.4.3 视觉分散检测 .....	10
1.5 本书研究方法与主要内容 .....	11
参考文献 .....	12
第 2 章 视觉分散对驾驶能力影响分析及检测模型 .....	17
2.1 概述 .....	17
2.2 视觉分散影响机理 .....	17
2.3 基于实车实验的视觉分散影响分析 .....	19
2.3.1 实验用车及场地 .....	19
2.3.2 实验内容 .....	19
2.3.3 实验过程 .....	21
2.3.4 结果分析 .....	21
2.4 驾驶员视觉分散检测模型 .....	24



2.4.1	驾驶员注意特征评价	24
2.4.2	驾驶员视线特点	25
2.4.3	视觉分散检测模型	26
2.5	本章小结	27
	参考文献	27
<b>第3章</b>	<b>多姿势下驾驶员面部精确定位</b>	<b>31</b>
3.1	概述	31
3.2	基于运动信息的头部区域检测	32
3.2.1	运动目标检测方法	32
3.2.2	基于帧间差分法的驾驶员头部检测	33
3.3	建立肤色混合高斯模型	37
3.3.1	彩色空间选择	37
3.3.2	YCbCr 空间下的肤色混合高斯模型	38
3.4	驾驶员面部预定位	40
3.4.1	基于图像分解和 MSR 算法的光照补偿	41
3.4.2	肤色区域检测	50
3.4.3	驾驶员面部预定位	52
3.5	驾驶员面部精定位	54
3.5.1	联合投影函数	54
3.5.2	眉毛上边缘定位	55
3.5.3	嘴唇检测	57
3.5.4	驾驶员脸部精定位	63
3.6	驾驶员面部图像归一化	64
3.7	本章小结	66
	参考文献	66
<b>第4章</b>	<b>基于核主元分析的驾驶员面部姿势估计</b>	<b>70</b>
4.1	概述	70
4.2	核主元分析	71
4.2.1	基本原理	71
4.2.2	实现方法	72
4.2.3	核函数及其参数选择	74
4.3	基于核主元分析的驾驶员面部姿势估计	75
4.3.1	驾驶员面部姿势模型	75
4.3.2	图像样本采集	75
4.3.3	建立姿势曲线	76



4.3.4 面部姿势估计 .....	80
4.4 实例分析 .....	82
4.4.1 面部横摆角估计 .....	82
4.4.2 核函数对估计精度的影响 .....	83
4.4.3 面部俯仰角估计 .....	84
4.5 本章小结 .....	85
参考文献 .....	85
<b>第5章 基于 Multi-PCA 的驾驶员眼睛视线方向识别 .....</b>	<b>87</b>
5.1 概述 .....	87
5.2 Multi-PCA .....	88
5.2.1 K-L 变换 .....	88
5.2.2 PCA 实现方法 .....	90
5.2.3 Multi-PCA 算法 .....	91
5.3 基于 Multi-PCA 的眼睛视线方向识别 .....	92
5.3.1 驾驶员眼睛区域定位 .....	92
5.3.2 建立特征空间 .....	93
5.3.3 测试重构误差及特征空间相似度 .....	94
5.3.4 Multi-PCA 与 PCA 比较与分析 .....	96
5.4 本章小结 .....	96
参考文献 .....	97
<b>第6章 驾驶员转向行为识别 .....</b>	<b>99</b>
6.1 概述 .....	99
6.2 转向类型 .....	100
6.3 驾驶员手部检测及位置分析 .....	100
6.3.1 手部检测 .....	100
6.3.2 手部位置分析 .....	101
6.4 粒子滤波跟踪 .....	104
6.4.1 粒子滤波跟踪原理 .....	104
6.4.2 序贯重要采样 .....	105
6.4.3 重采样 .....	106
6.4.4 基于直方图的粒子滤波算法 .....	106
6.5 驾驶员手部跟踪 .....	107
6.5.1 状态转移模型 .....	107
6.5.2 颜色特征及其观测模型 .....	107
6.5.3 手部跟踪 .....	107



6.6	驾驶员转向行为识别 .....	108
6.7	本章小结 .....	112
	参考文献 .....	112
<b>第7章</b>	<b>车道检测研究 .....</b>	<b>114</b>
7.1	概述 .....	114
7.2	结构化道路检测 .....	115
7.2.1	图像预处理 .....	115
7.2.2	车道标志线分区投影 .....	120
7.2.3	标志线特征点检测 .....	123
7.2.4	车道标志线拟合 .....	125
7.2.5	车道标志线跟踪 .....	126
7.2.6	实验分析 .....	130
7.3	非结构化道路检测 .....	131
7.3.1	图像预处理 .....	132
7.3.2	彩色图像分割 .....	133
7.3.3	纹理特征分析 .....	138
7.3.4	图像恢复 .....	139
7.3.5	边缘拟合 .....	139
7.3.6	实验分析 .....	139
7.4	车辆偏离分析 .....	140
7.4.1	车辆轨迹模型 .....	140
7.4.2	车道偏离率 .....	141
7.4.3	车道偏离量变化率 .....	143
7.4.4	实验分析 .....	144
7.5	本章小结 .....	145
	参考文献 .....	146
<b>第8章</b>	<b>基于信息融合的驾驶员疲劳检测 .....</b>	<b>148</b>
8.1	概述 .....	148
8.2	信息融合 .....	148
8.3	基于粗糙集理论的驾驶员疲劳检测 .....	150
8.3.1	粗糙集理论 .....	150
8.3.2	驾驶疲劳相关条件属性分析 .....	152
8.3.3	疲劳程度判断 .....	157
8.4	本章小结 .....	160
	参考文献 .....	160



<b>第 9 章 检测系统设计与检测实验</b> .....	<b>163</b>
9.1 概述 .....	163
9.2 视觉分散检测实验 .....	163
9.3 驾驶疲劳检测实验 .....	169
9.4 本章小结 .....	172
<b>第 10 章 结论与展望</b> .....	<b>173</b>
后记 .....	177



## 1.1 研究背景及意义

### 1.1.1 研究背景

据不完全统计,全世界每年约有60万人死于交通事故,约1000万人在交通事故中受伤<sup>[1]</sup>。近几年,我国每年约有10万人死于车祸,而车祸造成的直接经济损失每年约有20亿元<sup>[2]</sup>,统计结果如表1-1所示。

表 1-1 我国交通事故统计

年 份	事故次数/(万次)	死亡人数/(万人)	直接经济损失/(亿元)
2006	37.88	8.95	14.9
2007	32.72	8.16	12.0
2008	26.52	7.35	10.1
2009	23.83	6.78	9.1
2010	39.06	6.52	9.3
2011	21.08	6.24	10.8
2012	20.42	6.00	11.7

根据欧洲及美国的统计数据发现,交通事故中的80%~90%是人为因素造成的,并且约有85%的事故是由于驾驶员的原因造成的,车辆本身的因素引起的事故约为10%,而环境因素造成的事故也仅占5%左右<sup>[3]</sup>。

美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)与美国弗吉尼亚州科技运输协会(VTTI)于2006年4月20日发布一个调查报告,称驾驶员注意分散是大部分事故和近距离碰撞的主要因素,其中80%的碰撞和65%的几乎碰撞(Near Crash)都与驾驶员注意分散有关<sup>[4]</sup>。高速公路的交通事故中有50%以上是由于驾驶疲劳,或由所见目标单调而造成注意分散、甚至打瞌睡等原因造成的<sup>[5]</sup>。日本学者对众多交通事故进行了统计研究,发现驾驶员注意分散是众多交通事故的诱因,占到诱因总数的36.0%<sup>[6]</sup>。来自法国的统计表明高速公路上1/3的交通事



故是由驾驶员注意分散引起的<sup>[7]</sup>。NHTSA<sup>[8]</sup>公布一项包括 723 次碰撞事故原因的调查研究，1284 名驾驶员与这些事故有牵连，其中 22.7% 的碰撞事故是由驾驶员注意分散引起的，结果如表 1-2 所示。

表 1-2 引发交通事故诱因的百分比

碰撞事故原因	占总数百分比 (%)
驾驶员注意分散	22.7
车辆速度	18.7
驾驶员饮酒	18.2
驾驶员感知错误	15.1
驾驶员决策错误	10.1
驾驶员能力限制	6.4

Stutts<sup>[9]</sup>等分析了由警察所记录的 1995-1999 年之间发生在美国的交通事故，并对引起注意分散的部分原因进行总结，发现驾驶员因观察车外人、物、事件等而引起的注意分散占总数的 29.4%，分析结果如表 1-3 所示。

表 1-3 引起驾驶员注意分散原因的百分比

引起注意分散原因	占总数百分比 (%)
车外人、物、事件	29.4
调节收音机、CD	11.4
车内其他人	10.9
移动物体	4.3
车内其他设备、物体	2.9
调节空调、车辆设备	2.8
吃食物、喝饮料	1.7
使用移动电话	1.5
吸烟	0.9
其他注意分散因素	25.6
未知注意分散	8.6

通过以上分析发现，虽然各研究机构统计结果不尽相同，但是都表明驾驶员注意分散是交通事故一个重要诱因。其中驾驶员最容易发生的注意分散类型是视觉分散<sup>[10]</sup>，并且随着车载信息系统的增加以及交通环境的复杂化，引起驾驶员视觉分散的因素会越来越多。因此需要对驾驶员视觉分散进行重点研究，以找出相应解决办法。

## 1.1.2 研究意义

研究驾驶员视觉分散，有助于我们寻找减少其影响的措施，使行车更加安全；或者研究出一套检测驾驶员视觉分散的系统，在必要时对驾驶员进行警告，



预防此类交通事故，这具有重大社会意义。检测视觉分散的系统能够应用在多个方面，如汽车、飞机的驾驶等，只要操作人员视觉分散将引起严重后果的场合，都可以应用该技术产品。可以预见，如果这样的系统能够切实有效地工作，不但能减少人员伤亡，而且能避免因此产生的经济损失。

研究并检测驾驶员视觉分散还具有理论意义。研究驾驶员视觉分散需要运用到认知行为方面的理论，对驾驶员认知行为的研究必将促进认知科学的发展<sup>[11]</sup>。检测驾驶员视觉分散需要涉及图像处理中多种相关算法，因此该方面研究可以促进图像处理相关领域的发展。另外，检测驾驶员视觉分散实际上是一种状态识别，许多问题是模式识别中长期以来都没有彻底解决的问题，并且已有的成果也不一定适合检测驾驶员的要求，因此该研究还可以促进模式识别技术的发展<sup>[12]</sup>。

## 1.2 驾驶员视觉分散研究历程

驾驶员视觉分散研究是驾驶员注意分散研究的一个重要组成部分，在最初的研究中没有详细分类注意分散的类型，而是把所有的类型统称为注意分散。注意分散与驾驶疲劳一样，也会影响驾驶员的驾驶性能。驾驶员疲劳时发生交通事故的概率要比正常时高4~6倍<sup>[4]</sup>，因此驾驶疲劳问题更容易引起人们的关注，国内外学者也对该问题进行了较深入的研究。但随着驾驶员注意分散引起交通事故的增加，人们逐渐认识到驾驶员注意分散研究的重要性。

早在1915年人们就认为刮水器的单调重复动作会分散驾驶员的注意力。到20世纪30年代随着收音机设备进入驾驶室，人们也逐渐认识到该设备会引起驾驶员注意分散，因此美国许多州政府要禁止其应用<sup>[13]</sup>。

而真正的研究则开始于20世纪60年代，如研究车载收音机对汽车驾驶员心理的影响等，结果表明听音乐有助于驾驶员更平稳地操纵汽车<sup>[14]</sup>。随后Brown又研究了打电话对驾驶能力的影响，发现打电话时驾驶员的感知判断能力会受到不利影响，出现错误的概率将增加1.7%~22.2%<sup>[15]</sup>。

随着信息技术在汽车上的应用越来越广泛，例如手机<sup>[16]</sup>、导航<sup>[17]</sup>、互联网<sup>[18]</sup>、收音机<sup>[19]</sup>、CD机<sup>[20]</sup>等对驾驶能力的影响也受到重视。另外，与新技术无关的事物或者行为，如乘客、路边广告牌与指示牌、驾驶员自身行为（吃食物、喝饮料、吸烟）等也会分散驾驶员的注意力<sup>[21,22]</sup>。资料表明，由于驾驶员在行驶过程中饮食时引起的交通事故数量比打电话时发生的交通事故量高0.2%，因为驾驶员吃东西、喝饮料发生的概率要远大于驾驶员打电话的概率<sup>[9]</sup>。

到1990年前后开始有人提出减少驾驶员注意分散的措施，如出台相关法律



等<sup>[16]</sup>。1993年 Leiser<sup>[23]</sup>研究在车内使用语音交互的信息系统,以降低驾驶员的注意力分散。但后来有的研究认为使用语音交互的电子邮件会使驾驶员反应时间延长30%,出事的概率增加3.5%~38.5%,并且使碰撞时的速度增加27.3%~80.7%<sup>[24]</sup>。因此,语音交互系统对减少驾驶员注意分散的作用不大<sup>[25]</sup>。

进入21世纪,则有越来越多的研究者提出对驾驶员注意分散进行检测,以在危险情况下警告驾驶员。驾驶员出现注意分散时主要体现在眼睛特征、生理指标(脑电波、皮肤电导率)或者驾驶能力参数(对车辆速度、侧向位移、转向、加减速等进行控制)的变化上,根据这些参数的变化,研究者开发出众多注意分散检测办法。如2001年 Waard 等把行车参数作为判断指标,并利用神经网络综合各个指标来识别驾驶员是否在使用移动电话,正确识别率可以达到89%<sup>[26]</sup>。

2005年 Pettitt 等为了研究驾驶员注意分散的统一性,对驾驶员注意分散进行了详细定义,并根据驾驶员受影响的信息指标,把驾驶员注意力分散的类型定为:视觉、认知、身体、听觉等四种分散形式<sup>[27]</sup>,为全面开展驾驶员注意力分散研究奠定了基础。

国内对驾驶员注意分散的研究起步较晚,并且针对驾驶员视觉分散的研究也较少。早期研究主要是感性的,主要分析了交通事故的诱因,真正研究开始于21世纪。2004年前后吉林大学的王荣本、施树明、董兵亮等提出检测驾驶员嘴部状态来识别驾驶员注意分散的方法<sup>[28,29]</sup>。2004年5月,我国出台了新的交通安全法,对开车打手机的行为做了严格的交通法律、法规限制,罚款金额达到200元,并罚扣3分,以减少打手机引起的注意分散。2005年 Chen<sup>[30]</sup>等通过研究使用车内信息系统对驾驶员视觉、听觉、精神等的影响,发现使用这些设备会降低驾驶员的反应速度,更重要的是如果驾驶员出现听觉分散,那么再采用一个声音信号警告驾驶员的话会使他的反应速度变得更慢。Liu<sup>[31,32]</sup>等通过对12位驾驶员实验研究发现,驾驶时使用手机会使驾驶员的反应时间增加11.9%,行驶速度降低5.8%。Liu Ning<sup>[33]</sup>等通过在驾驶模拟器上的实验研究认为驾驶员对前方车辆的反应时间、驾驶员的心率等可以作为评价驾驶注意分散的指标。

### 1.3 视觉分散对驾驶能力影响研究现状

表征驾驶能力的工作指标主要包括:车辆偏离道路中心位置的标准差(SDLP- Stand Difference of Lane Position)、速度保持和控制能力、对外部事件的反应时间、车距保持、劳动强度、对安全驾驶参数的警惕性等。研究者已经开发出许多不同的方法来研究视觉分散对这些参数的影响。



### 1.3.1 评测方法

#### 1.3.1.1 多作业分析

人类只有有限的视觉资源用来处理各种作业。同时处理两种作业时，如果两种作业要求的视觉资源超出了驾驶员总的视觉资源，那么分配到某个作业的视觉资源将会减少<sup>[34]</sup>。对驾驶员视觉分散来说，这些研究主要用于测试某个车内设备对驾驶能力的影响，或者其他事物对驾驶能力的影响，如驾驶员与乘客交谈等对驾驶车辆的影响，不过它的有效性还需进一步验证。

#### 1.3.1.2 眼睛扫视研究法

驾驶时的视觉扫视行为早在20世纪60年代就得到广泛研究。测试视觉行为的方法有眼睛扫视记录和视线遮蔽技术。眼睛扫视技术通过记录眼睛对视野内特定物体扫视的频率和持续时间来测量视觉行为。在驾驶车辆时，驾驶员通过一系列简短（1~2s）的扫视来完成第二作业。眼睛扫视技术可以记录眼睛偏离道路的总时间，也就是完成某作业需要的视觉要求<sup>[19]</sup>。视线偏离道路的总时间是一个被广泛接受的有效测量第二作业视觉需求的方法。可以应用视频记录仪来记录驾驶员的眼睛和头部动作。通过分析记录的视频来计算眼睛扫视数据<sup>[17]</sup>。当今成熟的跟踪设备已经能实时计算眼睛的扫视路径、眼睛闭合时间、头部转动等。

#### 1.3.1.3 视觉遮蔽技术

尽管眼睛跟踪系统很先进，但是这些系统也很昂贵、费时、难安装、难校准。Green<sup>[18]</sup>等于2001年提出采用视觉遮蔽技术作为眼睛跟踪系统的一个变通。该技术利用一个眼罩，以不同的时间间隔来部分或者完全遮住驾驶员眼睛，模拟驾驶时驾驶员与一个车内设备交互时视线在道路与设备间的转换。由于视觉遮蔽技术的成本小且容易实施，被很多研究者认为是很有潜力的测试方法。

#### 1.3.1.4 15s 规则

美国汽车工业协会（SAE）根据车内导航系统，发布一个注意分散最高允许水平的标准<sup>[17]</sup>。标准认为如果一个作业在静止车辆上能在15s内完成，那么这种作业引起的驾驶员注意分散不严重，可以在驾驶时完成。与其他方法相比，此标准比较简单易行。但是实验发现，静止车辆上完成作业的时间与运动车辆上完成的时间没有相关性，因此该标准的效果不是很好<sup>[35]</sup>。并且该规则没有考虑到速度控制、目标检测等作业。

#### 1.3.1.5 建立驾驶员认知模型的方法

2001年 Salvucci<sup>[11,36]</sup>提出建立驾驶员注意分散认知模型，并在ACT-R理论框架下仿真注意分散对驾驶能力的影响。通过在驾驶模拟器上验证仿真的结果，



发现可以用建立模型的方法来评测注意分散对驾驶能力的影响。该方法的优点是成本低，不需要特殊实验设备，但是建立驾驶员模型比较困难，建模软件——ACT-R 不容易掌握。

这些评测方法都有各自的优缺点。到底应用哪种方法合适，主要取决于要评测何种人机交互界面，特别是该种行为主要影响驾驶员的哪个方面。一般研究中不使用 15s 规则，因为它的有效性还有待于进一步的验证。

### 1.3.2 实验方法

#### 1.3.2.1 实车实验法

研究视觉分散对驾驶能力影响的最直接方法，是在道路上采集实际车辆行驶数据，该方法要求受试人员在道路上驾驶车辆，并完成各种视觉分散的作业，车辆上安装自动收集表明驾驶能力数据的仪器。然后，将收集的数据与基准数据进行比较，基准数据通常是正常驾驶时驾驶员的表现。该方法采集的数据来自真实环境，因此比较可靠，但是也比较耗时、昂贵，因此很少用来测量驾驶员视觉分散。短距离测试轨迹的方法也能获得真实的数据，也经常用来测试视觉分散对驾驶能力的影响<sup>[37,38]</sup>。该方法让受试者在一条测试道路或者封闭道路上驾驶车辆。通过自动仪器或者人工观察收集数据，然后与基准数据比较。此法接近真实环境，并且在一个封闭路上驾驶降低了危险性<sup>[16]</sup>。但是，操作者使用仪器的熟练性和人工记录的准确性将影响测量准确性。

#### 1.3.2.2 驾驶模拟器实验法

驾驶模拟器能让受试者在一个相对真实并且安全的环境下进行测试，因此很多研究者应用驾驶模拟器来测试视觉分散。1999 年 Reed<sup>[39,40]</sup>等应用驾驶模拟器对驾驶员视觉分散进行研究，并与实车实验的结果进行比较，认为驾驶员在实车与驾驶模拟器上的驾驶能力表现相同。模拟器的特性不同会影响测量的真实性和有效性。高质量的模拟器能提供相对真实的驾驶环境，具有布局合理的彩色树木、建筑物、路标等，并能使车辆振动、摇摆，以给驾驶员一个更加真实的驾驶感觉。

相比在道路和试车跑道上的实车实验，驾驶模拟器具有很多优势。例如，驾驶模拟器更安全、驾驶环境更容易控制、改造成本低，并且容易收集大量代表驾驶能力的参数，如速度控制、侧向偏移，还有驾驶员的眼动和扫视行为。当然，驾驶模拟器也有不利的因素。模拟器与车辆的不同会影响测试结果，并且驾驶员在了解模拟器不能对他们造成伤害的前提下，容易做些对安全驾驶不利的事情，如双手离开转向盘、视线偏离道路场景等也会影响实验结果。