

在以下网址查看本出版物的讨论、统计数据 and 作者简介: <https://www.researchgate.net/publication/232811598>

# 基于模拟的驾驶员和车辆乘员培训：应用、功效和未来方向

应用人体工程学中的文章 · 2012 年 10 月

DOI: 10.1016/j.apergo.2012.10.007 · 来源: PubMed

引文

13

读取

105

3 位作者:



娜塔西娅·古德

阳光海岸大学

41 种出版物 190 次引用

[查看资料](#)



保罗马修鲑鱼 阳光海岸大学

201 种出版物 2,585 次引用

[查看资料](#)



迈克尔·G·莱内

莫纳什大学 (澳大利亚)

161 种出版物 1,661 次引用

[查看资料](#)

本出版物的一些作者也在从事这些相关项目:



谁将赢得 2016 年欧洲杯 <https://theconversation.com/speed-networking-how-to-wineuro-2016-60244> [查看项目](#)

接受的版本

## 基于模拟的驾驶员和车辆乘员培训：应用、功效和未来方向

娜塔西娅·古德博士<sup>1</sup>

*莫纳什大学事故研究中心, 莫纳什伤害研究所, 莫纳什大学, 墨尔本, 澳大利亚*

澳大利亚维多利亚州 3800 莫纳什大学 70 号楼事故研究中心

电话: +61 3 9905 4684

传真: +61 3 9905 4363

natassia.goode@monash.edu

Paul M. Salmon 博士

*莫纳什大学事故研究中心, 莫纳什伤害研究所, 莫纳什大学, 墨尔本, 澳大利亚*

澳大利亚维多利亚州 3800 莫纳什大学 70 号楼事故研究中心

电话: +61 3 9905 1907

传真: +61 3 9905 4363

paul.salmon@monash.edu

Michael G. Lenné 博士

*莫纳什大学事故研究中心, 莫纳什伤害研究所, 莫纳什大学, 墨尔本, 澳大利亚*

澳大利亚维多利亚州 3800 莫纳什大学 70 号楼事故研究中心

michael.lenne@monash.edu

电话: +61 3 9905 1389

传真: +61 3 9905 4363

---

<sup>1</sup>通讯作者。

## 基于模拟的驾驶员和车辆乘员培训：应用、功效和未来方向

模拟被广泛用作许多领域的培训工具，最近，使用车辆模拟作为驾驶员和车辆乘员培训的工具变得很流行。[德温特等人，2009；普拉丹等人，2009](#)）。本文概述了当前如何使用车辆模拟来训练与驾驶相关的程序和高阶认知技能，[以及车辆工作人员的基于团队的程序技能和非技术团队合作技能](#)，并评估是否有证据表明这些培训计划是有效的。[根据培训是否达到学习目标以及这些目标的实现是否提高了目标任务的实际表现来评估有效性](#)。得出的结论是，[虽然一些高阶认知技能培训计划已被证明是有效的](#)，但总的来说，[模拟技术的采用远远超过了该领域实证研究的步伐](#)。本文最后讨论了在开发和评估用于训练目的的车辆模拟时需要考虑的问题——[不仅基于车辆领域的已知信息，但是可以从其他领域推断出什么](#)，其中模拟是一种既定的培训方法，例如航空（例如 [Jentsch 等人，2011](#)）和医学（例如。[麦加吉等人，2010](#)）。

关键词：模拟，车辆，训练

相关性声明：模拟已成为民用和军用环境中驾驶员和车辆乘员培训的流行工具。这篇综述考虑了是否有证据表明这种培训方法会导致学习和技能转移到现实世界的表现。来自其他领域的证据，如航空和医学，被用来为未来车辆模拟训练系统的设计和评估提供信息。

## 1. 介绍

民用车辆 (Pollatsek 等人, 2011 年)、商用卡车 (Blanco 等人, 2011 年) 以及装甲车辆和坦克 ([奥斯卡森等人, 2010](#)) 是用于驾驶员和车辆乘员培训的流行工具。这种方法的支持者认为, 与在现场使用真实车辆进行训练相比, 模拟具有几个优势。优点是: a) 控制训练条件 ([德温特等人, 2009](#); [Neukum 等人, 2003 年](#); [平托等人, 2008](#) ([埃斯皮等人, 2005](#); [伊万西奇和赫斯基, 2000](#); [卡普坦等人, 1996](#); [芦苇与格林, 1999](#)), c) 成本和资源节约 ([埃斯皮等人, 2005](#); [卡佩和埃默里克, 2005](#); [平托等人, 2008](#)), d) 减少让学习者接触各种情况所需的时间 ([埃斯皮等人, 2005](#); [卡佩等人, 2003](#); [Kaptein et al., 1996](#)) 和 e) 可以客观地测量驾驶性能 ([德温特等人, 2009](#); [德温特等人, 2007b](#); [卡普坦等人, 1996](#); [Neukum 等人, 2003 年](#))。

这些主张通常伴随着一个不受支持的假设, 即基于模拟的车辆训练是有效的: 它实现了学习目标, 并且这些目标的实现增强了目标任务的现实世界表现。[罗尔夫和卡罗, 1982](#))。本次审查的目的是确定是否存在

接受的版本

支持这一假设的证据。首先，引入了一个框架来描述模拟训练程序的关键特征。其次，使用该框架，描述了当前基于模拟的驾驶和车辆乘员培训计划。第三，审查这些培训计划有效的证据。最后，基于这些结果，并借鉴航空和医学领域的证据以弥补现有知识的差距，提出了未来车辆模拟训练系统设计和评估的指南。

## 2. 车辆模拟培训计划：说明

第一个车辆模拟（或当时已知的汽车模拟器）是在 1960 年代初期开发的，由模拟计算机、电子电路和原始显示技术组成（Allen 等人，2011 年）。今天，“车辆模拟”一词涵盖了广泛的设备，这些设备人为地试图代表真实的车辆和驾驶环境（de Winter et al., 2007a; 拉默斯, 2007; 莫罗尼和李林塔尔, 2008）。通常在“低”、“中”和“高”保真度模拟之间进行区分（例如德温特等人, 2009; 卡普坦等人, 1996; 波洛克等人, 1999; 威尔和克拉克, 1995）。根据 Kaptein 的说法, Theeuwes 等人。(1996), 低保真模拟具有单个个人计算机 (PC) 显示器、简化的车辆控制（例如鼠标、键盘）和固定底座（即它们不模拟运动）。中保真模拟通常包括一个大型投影屏幕、一个逼真的驾驶室和车辆控制，以及一个简单的运动基础。高保真模拟通常提供接近 360 度的视野、逼真的驾驶室和车辆控制，并模拟逼真的运动。

然而，表征模拟的保真度比这些分类所暗示的要复杂得多。[海斯和歌手, 1989](#)区分物理保真度（模拟在何种程度上与现实世界相似）和功能保真度（模拟在何种程度上与现实世界相似）。表 1 中的保真度矩阵展示了车辆训练计划如何在保真度和

接受的版本

对另一个低。此外，还提出了保真度的其他维度，包括视觉保真度、运动保真度、认知保真度、客观保真度、感知保真度、任务保真度、行为保真度、心理保真度、属性保真度和具体保真度（de Winter 等人，2007a）。

---

在此处插入表 1

---

另一个问题是通常很难将单个模拟分配给特定类别。物理保真度由多种特性决定，包括视觉系统（即水平视野、感知分辨率、驾驶员动作和系统响应之间的延迟）、运动特性（即运动范围、信号带宽和骑行的粗糙度）、车辆控制的反馈程度（Greenberg & Blommer, 2011）以及车辆控制和驾驶室的真实性。一些模拟可能在一个特性上具有高保真度，而在另一个特性上则较低。

这个问题的一种解决方案是避免对保真度进行总体分类，而倾向于描述模拟能力。例如，[布洛克等人，2001](#) 提出了用于比较车辆模拟的操作能力分类法，但是，当应用于当前技术时，该分类法似乎过时了。例如，它包括“模型地形板”和“50平方英里的虚拟驾驶世界”等元素，而省略了车辆控制反馈程度等元素。本次审查中采用的方法是描述车辆模拟的能力，包括车辆控制、视觉显示的视野以及运动和运动的真实性。

接受的版本

反馈。选择这些功能的前提是它们是执行大多数驾驶任务的关键。

此外，培训模拟还包括另外两个元素：场景和教学覆盖。场景是用于训练目标技能的事件 (Kearney & Grechkin, 2011)。教学覆盖是嵌入模拟的培训，包括场景的数量和反馈的类型以及用于评估绩效的方法。在下一节中，该框架用于描述当前基于模拟的驾驶员和车辆乘员培训计划。

### 3. 车辆模拟：应用

尽管大约 50 年前开发了第一个车辆模拟来研究驾驶员行为，但直到最近十年才被用于驾驶员培训 (Blanco 等人, 2011 年)。然而，随着技术变得更便宜和更广泛可用，它们的使用迅速普及。目前，仅在荷兰，就有超过一百个模拟专门用于新手驾驶员培训 (Kappé & Emmerik, 2005; Kappler, 2008; Pollatsek 等人, 2011)。模拟被广泛用于训练军用卡车和装甲车司机 ([奥斯卡森等人, 2010](#)) 和商用卡车和公共汽车司机 (Blanco 等人, 2011 年; [里德和帕克斯, 2005](#))。用于驾驶康复和老年驾驶员再培训的车辆模拟是新兴应用 ([卡洛齐等人, 2012](#); [辛格等人, 2011](#); Wachtel 等人, 2005 年)。

从广义上讲，模拟驾驶员培训涉及两种类型的技能：程序技能和高阶认知技能。程序性技能需要执行一系列动作，在某些情况下可能会随着练习而自动化（术语程序性技能、心理运动技能和技术技能在文献中经常互换使用；Kovacs, 1997）。高阶认知技能要求个人监控环境的整体状态，考虑未来的行动，做出战略决策，

接受的版本

保持对整体情况的认识并评估当前操作的风险（也称为非技术技能；Pollatsek 等人，2011 年）。

对于驾驶员来说，车辆控制是掌握的关键程序技能。这是新手驾驶员培训计划的主要目标，例如 TRAINER (Nalmpantis et al., 2005) 和驾驶员评估和培训系统 (DATS; [艾伦等人, 2007](#))，以及为神经受损患者设计的驾驶员康复计划（例如 [Akinwuntan 等人, 2005 年](#)；[考克斯等人, 2010](#)）。在这些程序中，场景是根据现实生活中的情况建模的，例如通过弯道和跟随另一辆车。在整个培训过程中通常会给出并发反馈。一系列基于固定的模拟用于提供培训，从具有类似游戏控制的单显示器显示器、具有逼真控制的三显示器显示器，以及具有自然视野的全尺寸车辆模型。类似的场景和教学叠加用于在美国各地的商用机动车辆许可证计划中训练车辆控制和交通协商。尽管在这些程序中，模拟试图重现真实卡车的精确运动和视野（[摩根等人, 2011](#)）。

其他商用车辆驾驶员培训侧重于更高级的程序技能，例如倒车停车和换挡程序（例如 [芦苇 & 帕克斯, 2005](#)；[斯特雷耶和德鲁斯, 2003](#)；[Uhr 等人, 2003 年](#)）。这些场景侧重于在现实交通情况下重复所需的动作。不幸的是，现有文献中没有具体说明给出的反馈类型。一系列模拟用于提供培训，从试图重现精确运动和视野的真实卡车的精确复制品（[里德和帕克斯, 2005](#)；[Uhr 等人, 2003](#)）到具有真实控制和单个监视器的固定基础模拟（[Strayer & Drews, 2003](#)）。



接受的版本

在针对驾驶员的高阶认知技能培训中，最常针对的技能是危险感知，即发现、感知和评估与实际和新出现的交通危险相关的风险程度的能力 (Pollatsek 等, 2011) 。示例包括 DriveSmart (里根等人, 1998), 驾驶员零错误驾驶 (ZED) (费舍尔等人, 2002), 风险意识和认知培训 (RAPT; 普拉丹等人, 2009) 和 SIMRAPT (Diete, 2008)。

DriveSmart、Driver ZED 和 RAPT 不需要除模拟软件和标准 PC 之外的任何设备。SIMRAPT 以全尺寸车辆模型的形式交付，并带有显示场景的头戴式设备。这些场景由一系列视频剪辑组成，从驾驶员的角度 (DriveSmart、Driver ZED、RAPT-3、SIMRAPT) 或俯视图 (RAPT-1、RAPT-2) 显示交通场景。受训者必须在每个场景中指出需要持续监控危险的区域。响应之后是个性化的反馈。

DriveSmart 的第二个模块侧重于注意力控制技能的发展，即在竞争的车载任务之间优先考虑注意力的能力。同样，培训不需要模拟软件和标准 PC 以外的任何设备。双重任务范式用于教导新手驾驶员在一系列场景中将注意力分配在虚拟道路和次要任务之间。每个场景结束时都会给出个性化的反馈 (里根等人, 2000)。

最近，模拟已被用于训练应急响应团队 (Neukum et al., 2003)、一级方程式赛车队 (埃斯皮等人, 2005) 和陆战车辆乘员 (奥斯卡森等人, 2010)。针对两种类型的技能：基于团队的程序技能和非技术团队合作技能。基于团队的程序性技能是需要个人团队合作执行一系列行动以实现特定目标的程序性技能。非技术团队合作技能是一组广泛的技能，

接受的版本

与团队效率相关，例如决策制定、自信、任务分析（计划）、沟通、领导力、适应性-灵活性和态势感知，这些在机组资源管理培训（CRM，例如布兰尼克等人，2005）。

瑞典陆战中心目前使用坦克和战车模拟器来训练基于团队的程序和非技术技能的组合。坦克模拟由具有自然视野的坦克内部复制品组成，而战车由三个联网的 PC 工作站组成，配备了类似游戏的车辆控制装置。两种设备都不能模拟运动。坦克乘员有司机、炮手、车长和装填手，而战车有司机、炮手和车长。学员可以像在真实车辆中一样驾驶、拍摄和与环境互动，同时协作完成任务。不幸的是，没有关于场景或教学覆盖的详细信息（奥斯卡森等人，2010）。

#### **4. 车辆模拟：功效**

本节评估了模拟是训练与驾驶相关的程序和高阶认知技能、基于团队的程序和非技术技能的有效工具的证据。从两个方面评价疗效。首先，是否有证据表明学员在模拟器中执行目标任务时学习了目标技能？其次，这些技能是否会转移到现实生活中并在实际车辆中提高性能？

##### **4.1 程序技能**

培训评估文献中特别关注了两项程序技能：车辆控制技能和最大限度提高燃油效率所需的换挡程序。表 2 给出了概述，包括对

接受的版本

每项研究，他们在学习、迁移、模拟能力对这些结果的影响方面的发现，以及它们的主

---

要局限性。

在此处插入表 2

---

总体而言，研究结果表明，车辆控制训练对训练模拟中的表现有积极影响。教练等级 (Cox 等人, 2010 年; Neukum et al., 2003) 和客观的模拟性能衡量指标从训练前到训练后都有所提高 (Akinwuntan 等人, 2005 年; [艾伦等人, 2007](#); [艾伦等人, 2003](#); [福克默和格雷格森, 2003](#); [摩根等人, 2011](#))。这些研究涉及一系列模拟: 具有类似游戏控制的 PC 桌面 ([艾伦等人, 2003](#)), 具有真实控制的固定模拟器 ([Akinwuntan 等人, 2005 年](#); [Falkmer & Gregersen, 2003](#)) 到高度逼真的模拟器, 试图复制逼真的运动 ([摩根等人, 2011](#)),

还有令人鼓舞的证据表明, 在某些条件下, 基于模拟的车辆控制训练可以转移到现实世界的驾驶中。呃, [费利克斯等人。 \(2003\)](#)发现在卡车模拟训练后, 真实卡车倒车的成功率有所提高。同样, Morgan 等人在 2011 年发现, 通过模拟和公路训练相结合的参与者在真实卡车的公路测试中的表现与完全在公路上训练的参与者相似。在一项涉及中风患者康复的研究中, [Akinwuntan, DeWeerdt 等人。 \(2005\)](#)发现接受模拟驾驶培训的患者比接受驾驶相关认知任务培训的患者更有可能通过正式的驾驶前测试以合法地恢复驾驶。这些研究都使用具有真实控制、客舱和视野的模拟器。使用的模拟器 [Uhr 等人, 2003 年](#)和 [摩根等人, 2011](#) 模拟运动, 而由 [Akinwuntan、De Weerdt 等人。 \(2005\)](#)没有。Allen, Park 等人 (2007) 的研究结果表明

接受的版本

使用带有类似游戏控件的台式电脑（单显示器或三显示器）进行培训可能不如在固定基地使用仪表车辆进行培训有效。然而，该研究有许多方法限制，限制了这一结论的有效性：没有进行统计测试来比较碰撞率；训练条件的非随机分配；并且没有控制条件。

关于培训换挡程序，有初步证据表明模拟可能是一种有效的培训工具。在真实卡车复制品中进行燃油效率培训后，参与者消耗的虚拟“燃油”显著减少，并在培训模拟中表现出更多的燃油效率行为（Reed & Parks, 2005）。这些好处在仅使用固定模拟器的道路上也很明显；Strayer 和 Drews（2003 年）发现，经过六个月的培训，真实卡车的燃油效率立即提高了 2.8%。然而，这两项研究都缺乏对照组是一个重大限制。

#### 4.2 高阶认知技能

各种研究评估了基于模拟的危险感知培训计划的有效性。表 3 给出了概述，包括对每项研究的描述、他们在学习、迁移和模拟能力对这些结果的影响方面的发现，以及它们的主要局限性。

---

在此处插入表 3

---

接受的版本

总体而言，研究表明，与对照组相比，受过训练的参与者更有可能在驾驶教练评估的驾驶模拟中感知并适当应对危险（[里根等人，2000](#)）和驾驶性能的客观测量，包括制动模式、速度（[费舍尔等人，2002](#)）和眼球运动测量（[Dieter，2008](#)；[费舍尔等人，2002](#)；[费舍尔等人，2007](#)；[Pollatsek 等人，2006 年](#)；[普拉丹等人，2005](#)）。这些好处推广到训练期间未遇到的场景，并且在训练后四个星期就很明显了。在转移方面，与对照组相比，训练有素的驾驶员表现出出色的视觉扫描能力，并且在道路驾驶过程中更有可能注视存在潜在危险的区域。[普拉丹等人，2009](#)）。虽然这些结果令人鼓舞，但没有已发表的研究直接检验基于模拟的危险感知训练与碰撞风险之间的联系，因此尚不清楚这些结果是否会持续加班并导致道路安全的提高。此外，由于司机在一次会议中接受培训和评估，他们的行为是由于培训还是需求特征尚不清楚（[Beanland 等人，2011 年](#)）。

基于模拟的注意力控制训练的评估受到的关注要少得多。里根，[特里格斯等人](#)。（2000）发现与对照组相比，DriveSmart 训练的参与者在训练后立即和四周后执行口头算术任务时，在控制车辆模拟速度（未用于训练）方面明显更好。没有在道路上评估训练的效果，因此无法得出关于转移的结论。

### 4.3 车辆乘员培训

尽管基于模拟的车辆乘员培训已成为军队的普遍做法，但在已发表的文献中并未发现有关功效的证据。少数已发表的评估侧重于培训的可接受性（例如[奥斯卡森，Nählinder 等人，2010](#)）。尽管调查结果普遍表明培训获得了认可，

接受的版本

从受训者那里收集主观数据是有问题的，因为他们不知道他们学到了多少，或者他们是否能够将培训转移到现实世界。

由于模拟只是提供了一个可以练习与团队合作相关的人际交往技能的环境，因此可以从其他领域中汲取关于基于模拟的团队培训的可能有效性的见解。军事和商业飞行机组人员的 CRM 培训在 1990 年代成为强制性培训，这种培训通常使用飞行模拟进行（[萨拉斯等人，2006](#)）。同样，模拟现在已广泛集成到医疗团队培训中（[夏皮罗等人，2008](#)）。

尽管如此，有限的证据表明基于模拟的 CRM 培训可以增强驾驶舱内的团队合作。布兰尼克，普林斯等人。（2005）发现，与未经训练的对照组相比，接受基于 PC 的飞行模拟训练的团队在高度逼真的飞行模拟中的 CRM 评分更高。这项研究的三个主要限制是，尚不清楚机组人员在真实飞机的巨大压力下是否能够应用这些技能，这些影响会持续多长时间以及培训是否能提高飞机的安全性。

相比之下，基于模拟的医疗团队训练的评价受到了更多的关注。韦弗，萨拉斯等人。（2010）确定了 27 项经过同行评审的研究，这些研究表明培训改善了学习、迁移和安全相关的结果。例如，夏皮罗、莫雷等人。（2004）发现，与未接受培训的对照组相比，受过培训的急救医疗团队在真正的急诊科的 8 小时轮班中具有更好的团队合作精神。在另一项研究中，训练有素的手术室团队减少了报告的不良事件数量，识别了更多高危患者并提高了患者安全性（Awad 等人，2005 年）。总体来说还是不错的

接受的版本

有证据表明，基于模拟的团队培训可以增强临床环境中的团队合作，从而提高患者的安全性。

## 5. 讨论和未来方向

在民用和军用环境中，仿真作为一种培训驾驶员、车队和车辆工作人员的工具的潜力已得到明确认可。然而，这篇综述表明，模拟技术的采用远远超过了关于其功效的实证研究的步伐。本节讨论了研究结果并概述了基于仿真的车辆训练设计和评估的可能方向。

有合理数量的证据表明，受训者可以在模拟中学习驾驶相关的程序技能，并且一些证据表明这些技能可以转化为现实生活中的表现。有初步证据表明，迁移依赖于训练模拟的能力和目标技能的可供性之间的相互作用，尽管目前没有足够的良好对照研究来完全支持这一结论。文献中提出的研究存在重大局限性，例如缺乏对照组、非随机分配到训练组、未能报告统计测试结果、缺乏教学覆盖规范以及通常无法测量迁移的训练。

有更多的证据表明，使用车辆模拟可以有效地训练高阶认知技能。特别是，相对简单的车辆模拟（仅代表驾驶员的视野）似乎可用于训练转移到现实世界驾驶行为的危险感知技能。需要做更多的工作来确定类似的方法是否对注意力控制训练有效。

没有直接证据支持模拟对车辆乘员培训的有效性。然而，来自航空和医学培训领域的证据提供了

接受的版本

证明它可能有效。需要进一步的研究来确定这些结果是否适用于车辆领域。

该领域研究的一个一致限制是未能检查基于模拟的培训对道路安全结果的影响（例如碰撞率、碰撞类型、碰撞严重程度和首次碰撞时间）。考虑到提高安全性是大多数现实生活中驾驶员培训计划的关键结果，也是机组资源管理培训的最终目标，这一差距尤为重要。此外，与真实车辆相比，车辆模拟因缺乏风险和复杂性而一再受到批评（例如 Dingus 等人，2006 年；埃文斯，2004 年）。如果这些因素对于学习如何应对安全关键驾驶情况至关重要，那么如果使用基于模拟的驾驶员培训来替代道路驾驶员培训，则可能会出现负面的安全结果。因此，在未来的研究中，应优先考虑基于模拟的车辆训练对道路安全结果的影响。

正如所讨论的，评估驾驶员和车辆工作人员模拟培训有效性的尝试很少。这主要是因为与进行有效的培训转移研究相关的各种困难，包括劳动密集型、成本高、持续时间长、需要大量参与者样本，并且经常产生不利的结果或不足以得出有效结论的证据（Groeger，2001；[罗尔夫和卡罗，1982](#)；刘等人，2008）。还值得注意的是，文献中关于如何进行有效的培训迁移研究的指导有限；希望评估培训计划的研究人员几乎没有关于最合适的方法的指导。

由于缺乏培训评估研究，希望开发基于模拟的驾驶培训计划的从业者可用于指导他们的培训系统设计的证据有限。鉴于



接受的版本

车辆模拟器的普及。[三文鱼等人](#)。(2012)最近提出了一个模型来辅助训练技术的选择、设计和实施，该模型可以应用于基于车辆的训练领域。该模型基于对人为因素和培训文献的详尽回顾，包括四个阶段：1) 培训计划定义，2) 培训技术识别、评估和选择，3) 设计、测试和完善培训计划，以及 4) 培训计划的交付和评估。每个阶段都由许多明确定义的步骤组成，以实现目标。特别是，该模型提出，任何培训计划的设计都应从详细描述需要培训的地点、需要培训的内容和目标学员开始，这可以通过培训需求分析 (TNA) 结合任务、组织和实习生分析。然后，TNA 输出应告知模拟规范 (即能力)、场景设计、培训期间给出的反馈类型和频率，以及绩效衡量。

航空和医疗领域的一些重要发现应该为这些元素的设计提供信息。首先，更真实的模拟不一定是更有效的训练工具 ([Dahlstrom 等人](#), 2009 年)。研究表明，视野、场景细节和运动对着陆和空地作战技能的转移没有一致的影响 ([林特和加里森](#), 1992; [Lintern 等人](#), 1990 年; [林特等人](#), 1989; [Lintern 等人](#), 1997 年; [韦斯特拉等人](#), 1986)。这些技能要求飞行员建立一个操作飞机技术系统的程序清单，因此只需要模拟这些特性 ([卡雷塔和邓拉普](#), 1998; [达尔斯特罗姆等人](#), 2009; [海斯等人](#), 1992)。同样，许多评论得出结论，可以使用部分任务模拟来提供缝合等基本程序技能的医学培训，而更复杂的临床程序的培训需要对整个人体系统进行更复杂的模拟。[卡罗尔和信使](#), 2008; [Kneebone 等人](#), 2007 年; [麦加吉等人](#), 2010)。这些

接受的版本

结果表明，对于驾驶员培训，模拟应该只保留目标任务的可供性，以便模拟中的任务性能与现实世界的行为一致。也就是说，模拟器的功能要求应该与培训计划的目标相匹配。

然而，应该承认，设计或选择适合训练的车辆模拟的一个特殊障碍是缺乏描述其特征的综合分类法。已提出的分类法（例如布洛克等人，2001）已经过时，主要集中在模拟的技术方面。为了描述审查中包含的研究，提出了一个包含模拟能力、培训场景和教学覆盖的三维框架。虽然这被证明足以进行审查，但在选择或构建用于驾驶员培训的车辆模拟时价值有限，其关键目的是确定模拟目标任务的认知和精神运动方面所需的能力。

车辆模拟器本身可能不是开发更合适的分类法的最佳起点；很大程度上是因为结果将始终与当时的技术联系在一起。这只会加剧广为人知的技术驱动培训计划问题。这些作者认为，从描述真实车辆的交互组件、驾驶任务的精神运动和认知方面以及真实驾驶环境开始会更有用。有大量关于驾驶员行为的文献可以为这项任务提供信息（例如 Demir & Çavuşoğlu, 2012; 格罗格, 2000）。下一步是将分类法中的每个元素与有效模拟它们所需的能力联系起来，而忽略当前技术的局限性。

接受的版本

其次，应设计场景，使受训者可以在可变条件下练习目标技能。在航空领域，研究表明，在相同条件下更多的重复不会导致更多的学习或迁移（[韦斯特拉等人，1986](#)；[Lintern 等人，1989 年](#)；[菲佛等人，1991](#)；[Lintern 等人，1997 年](#)；[兰塔宁和塔勒，2005](#)）。这意味着练习只有在学习达到渐近水平时才有用。可变试验优于重复试验，以确保将培训期间学到的知识转移到新的环境中（[韦斯特拉等人，1986](#)）。医学培训的结果与这些结论一致（[麦加吉等人，2010](#)）。

最适合学习和迁移的反馈类型和频率尚不清楚。在航空领域，一些证据表明，持续的反馈比没有反馈或自适应反馈产生更多的学习和迁移。[Lintern 等人，1990](#)）。然而，这一发现是不一致的（例如[Lintern 等人，1997 年](#)），一些研究表明，所需的反馈类型取决于场景细节的水平（[Lintern 等人，1987 年](#)）。在医学领域，多项研究表明，在基于模拟的心肺复苏训练中，有反馈比没有反馈要好。[麦加吉等人，2010](#)）。从这些结果可以得出结论，培训期间的反馈是有益的；然而，关于应该使用的反馈类型和频率，还有几个问题。

模拟培训计划的实施应伴随评估学习和迁移的系统评估。为了评估学习，绩效测量应针对培训的定义行为结果（[伊森伯格等人，2005](#)）。绩效的客观衡量标准是可取的，因为飞行模拟评估表明，教员评级经常高估训练的效果（[卡雷塔和邓拉普，1998](#)；[海斯等人，1992](#)；[兰塔宁和塔勒，2005](#)）。然而，如果只能通过教练评分来评估驾驶表现，那么客观可观察行为的标准化评分（例如[摩根等人，2011](#)）优于整体评级

接受的版本

性能（例如Akinwuntan 等人，2005 年）。此外，在驾驶领域，重要的是评估培训转移时要牢记两个目标：训练行为的改进在现实世界的表现中是否明显，这是否会提高道路安全？第一个目标是所有培训计划的目标；如果不影响目标任务的执行，培训将没有任何意义。然而，第二个目标对于驾驶员培训计划尤为重要。如果培训不能改善安全结果，那么培训就没有任何意义（格罗格银行，2007）。

最后，应将学习和迁移的程度与未接受培训的对照组或任务培训的替代方法进行比较。在航空领域，将模拟训练与真实飞机训练进行比较是很常见的（Liu et al., 2008; 莫罗尼和利林塔尔，2008）。然而，在车辆领域，将基于模拟的驾驶员培训与说明性教学进行比较可能也是合适的，因为这是传统驾驶员教育课程中使用的核心方法。

## 6. 结论

审查表明，模拟目前用于训练一系列与驾驶相关的程序性和高阶认知技能，以及基于团队的程序性和非技术性技能。对于训练程序驾驶技能，有证据表明模拟有效地支持学习，但没有足够的证据表明这可以改善现实世界的驾驶性能。这主要是因为很少有研究涉及转移，而且那些确实有很大的方法学限制。关于训练高阶认知技能（例如危险感知）的证据既更广泛也更积极。基于模拟的危险感知培训提高了在模拟驾驶环境中识别和适当应对危险的能力，这些技能在道路上也很明显。

接受的版本

然而，目前尚不清楚学员是否会在未处于测试条件下的情况下将他们学到的知识应用到道路上，或者学习这些技能是否会带来更安全的驾驶。没有研究评估模拟在车辆领域培训基于团队的程序或非技术技能的有效性。然而，来自医学和航空领域的证据表明模拟对此类培训的有效性是令人鼓舞的。

技术能力的进步已将模拟置于许多领域培训的最前沿。然而，不可避免的结论是，目前没有足够的证据支持车辆模拟是一种有效的训练工具的说法。然而，有限的可用证据确实表明，它有可能对一系列应用有效。敦促对基于模拟的驾驶员培训计划进行更有效和严格的评估，并将医学和航空领域的知识应用于为未来基于模拟的驾驶员培训设计工作提供信息。

## 致谢

这项研究是与 DSTO 土地运营部门的工作人员合作进行的。我们特别感谢 Justin Fidock 提供的持续项目管理。Paul Salmon 博士对本文的贡献是通过他的澳大利亚国家健康和医学研究委员会公共卫生博士后奖学金资助的。

## 参考文献

- Akinwuntan, A.E., De Weerd, W., Feys, H., Pauwels, J., Baten, G., Arno, P., Kiekens, C., 2005. 模拟器训练对中风后驾驶的影响。神经病学 65, 843-850。
- Allen, R.W., Park, G.D., Cook, M.L., Fiorentino, D., 2007. 驾驶模拟器的影响培训效果的忠诚度, DSC 2007 北美, 爱荷华市。
- Allen, R.W., Rosenthal, T.J., Cook, M.L., 2011. 驾驶模拟简史, 载于: D.L, F., Rizzo, M., Caird, J.K., Lee, J.D. (Eds.), 驾驶模拟手册工程学、医学和心理学。CRC Press, Taylor and Francis, 伦敦, 纽约, 第 2-1 - 2-16 页。
- Allen, R.W., Rosenthal, T.J., Park, G.D., Cook, M.L., Fiorentino, D.D., Viirre, E., 2003. 使用低成本、基于 PC 的年轻驾驶员培训系统的经验。在: 多恩, L. (主编), 驾驶员行为和培训。阿什盖特出版有限公司, 汉普郡, 英国。

- 阿瓦德, 费根, 贝娄斯, 阿尔博, D., 格林-拉沙德, 德拉加尔萨, M., 伯杰, D., 2005. 弥合手术室与医疗团队的沟通鸿沟 训练。美国医学杂志 190, 770-774。
- Beanland, V., Goode, N., Salmon, P.M., Lenné, M.G., 2011. 高级驾驶员培训的 功效: 有针对性的文献综述。科廷 - 澳大利亚墨尔本莫纳什事故研究中心。
- Blanco, M., Hickman, S.J., Hanowski, R.J., Morgan, J.F., 2011. The Commerical Driver, in: D.L, F., Rizzo, M., Caird, J.K., Lee, J.D. (Eds.), 驾驶模拟工程学、医学和心理学。泰勒和弗朗西斯, 博卡拉顿, 佛罗里达州
- Brannick, M.T., Prince, C., Salas, E., 2005. 基于 PC 的系统能否增强团队合作 驾驶舱? 国际航空心理学杂志 15, 173 — 187。
- Brock, J.F., Jacobs, C., Cott, H.v., Mccauley, M., Norstrom, D.M., 2001 年。 模拟器和公共汽车 安全: 获取和使用公交运营商驾驶模拟器的指南。交通研究 委员会——国家研究委员会。
- Carlozzi, N.E., Gade, V., Rizzo, A.S., Tulskey, D.S., 2012 年。使用虚拟现实 驾驶 脊髓损伤患者的模拟器: 三屏显示与头部 安装的显示器。残疾和康复: 辅 助技术 0、1-5。
- Carretta, T.R., Dunlap, R.D., 1998. 飞行模拟中的有效性转移: 1986 年至 1997. 美国: 空军研究实验室, NTIS。
- Carroll, J., Messenger, J., 2008. 医学模拟: 培训和技能的新工具 评估。生物学 和医学观点 51, 47-60。
- 考克斯, D.J., 戴维斯, M., 辛格, H., 巴伯, B., 唐尼迪弗, F., 特鲁德尔, T., 穆兰特, R., Moncrief, R., 2010 年。 推动康复军人康复 使用虚拟现实驾驶 模拟的创伤性脑损伤: 一种可行性 学习。军事外科医生协会, 贝塞斯达, 医学 博士, ETATS-UNIS。
- Dahlstrom, N., Dekker, S., van Winsen, R., Nyce, J., 2009. 模拟器的保真度和 有效性 训练。人体工程学中的理论问题 10, 305 - 314。
- 德温特, J.C.F., 德格鲁特, S., 穆德, M., 维林加, 宾夕法尼亚州, 丹克 尔曼, J., 穆德, J.A., 2009. 驾驶模拟器性能与驾驶考试结果之间的关系。 人体工程学 52、137-153。
- de Winter, J.C.F., Wieringa, P.A., Dankelman, J., Mulder, M., van Paassen, M.M., de Groot, S., 2007a. 驾驶模拟器保真度和培训效果。 , 第 26 届欧 洲人类决策和手动控制年会论文集, 丹麦林比。
- de Winter, J.C.F., Wieringaa, P.A., Kuipersa, J., Mulderb, J.A., Mulderb, M., 2007b. 基于模拟的驾驶员培训期间的违规和错误。人体工程学 50, 138 — 158.
- Demir, M., Çavuşoğlu, A., 2012. 创建逼真的城市交通的新驾驶员行为模型环境。 交通研究 F 部分: 交通心理学与行为 15, 289-296.
- Diete, F., 2008 年。基于模拟器的新手驾驶员风险意识培训计划的评估, 机械和工 业工程。马萨诸塞大学阿默斯特分校研究生院。
- Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., Perez, M.A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z.R., Jermeland, J., Knippling, R.R., 2006. 100 辆汽车自然驾 驶研究, 第二阶段 - 100 辆汽车现场实验的结果。弗吉尼亚理工大学交通学院, 弗吉尼亚州布莱克斯堡。

- [Espie, S., Gauriat, P., Duraz, M., 2005. 驾驶模拟器验证：问题 在模拟器、驾驶模拟会议 DSC 上获得的结果的可转移性, 奥兰多。](#)
- Evans, L., 2004 年。交通安全。科学服务协会, 密歇根州布卢姆菲尔德。
- Falkmer, T., Gregersen, N.P., 2003 年。TRAINER 项目 - 新的基于模拟器的驾驶员培训方法的评估, 载于: Dorn, L. (主编), 驾驶员行为和培训。Ashgate Publishing, Ltd, 英国埃文河畔斯特拉特福, 第 317-330 页。
- [Fisher, D.L., Laurie, N.E., Glaser, R., Connerney, K., Pollatsek, A., Duffy, S.A., Brock, J., 2002. 使用固定式驾驶模拟器评估体验的影响 以及基于 PC 的驾驶员决策风险意识培训。人为因素: 人因工程学会杂志 44, 287-302 %R210.1518/0018720024497853.](#)
- [Fisher, D.L., Pradhan, A.K., Pollatsek, A., Knodler, M.A., 2007 年。现场危险预测行为和使用眼睛的驾驶模拟器 追踪交通研究记录: 交通研究杂志 董事会 2018, 80-86。](#)
- Greenberg, J., Blommer, M., 2011. 驾驶模拟器的物理保真度, 载于: D.L., F., Rizzo, M., Caird, J.K., Lee, J.D. (Eds.), 工程驾驶模拟手册, 医学和心理学。CRC Press, Taylor and Francis., 伦敦, 纽约, 第 7-1 - 7-24 页。
- [Groeger, J.A., 2000. 理解驾驶: 将认知心理学应用于复杂情况 日常任务。心理学出版社, 东萨塞克斯郡: 英国。](#)
- Groeger, J.A., 2001 年。学习的合法性: 驾驶技能的获得。 , 2001 年道路安全研究、警务与教育会议论文集, 墨尔本。
- [Groeger, J.A., Banks, A.P., 2007. 预测技能转移的内容和情况: 对驾驶员培训和毕业执照的不切实际的期望? 人体工程学 50, 1250 - 1263.](#)
- [Hays, R.T., Jacobs, J.W., Prince, C., Salas, E., 1992. 飞行模拟器训练效果: 荟萃分析。军事心理学 4, 63 - 74。](#)
- [Hays, R.T., Singer, M.J., 1989. 训练系统设计中的模拟保真度: 桥接 现实与训练之间的差距。 Springer-Verlag, 威斯康星大学 - 麦迪逊。](#)
- [Issenberg, B.S., McGaghie, W.C., Petrusa, E.R., Lee Gordon, D., Scalese, R.J., 2005. 导致有效学习的高保真医学模拟的特点和用途: a BEME 系统评价。医学教师 27, 10-28。](#)
- Ivancic, K., Hesketh, B., 2000。从驾驶模拟中的错误中学习: 对驾驶技能和自信的影响。人体工程学 43, 1966-1984。
- Jentsch, F., Curtis, M., Salas, E., 2011 年。美国中佛罗里达大学航空培训模拟。
- Kappé, B., Emmerik, M.L., 2005。使用驾驶模拟器进行初始驾驶员培训和测试。TNO 防御、安保和安全。
- [Kappé, B., Emmerik, M.v., Winsum, W.v., Rozendom, A., 2003. 驾驶模拟器。驾驶模拟器会议, 密歇根州迪尔伯恩。](#)
- Kappler, W.D., 2008 年。智能驾驶员培训模拟。存钱。防止。 .施普林格, 柏林海德堡
- Kaptein, N.A., Theeuwes, J., Van Der Horst, R., 1996. 驾驶模拟器有效性: 一些注意事项 交通研究记录: 交通研究委员会杂志 1550, 30-36。

- Kearney, J.K., Grechkin, T.F., 2011. 情景创作, 在: Fisher, D.L., Rizzo, M., Caird, J.K., Lee, J.D. (Eds.), 工程、医学和心理学驾驶模拟手册。CRC Press, Taylor and Francis, 纽约, 伦敦, 第 6-1 - 6-12 页。
- [Kneebone, R.L., Nestel, D., Vincent, C., Darzi, A., 2007. 复杂性、风险和模拟学习程序技能。医学教育 41, 808-814.](#)
- [Lammers, R.L., 2007. 模拟: 新的教学工具。急诊医学年鉴 49.](#)
- [Lintern, G., Garrison, W.V., 1992. 场景内容和侧风的转移效果 着陆指导。国际航空心理学杂志 2, 225 - 244.](#)
- [Lintern, G., Roscoe, S.N., Sivier, J.E., 1990. 显示原理、控制动力学和飞行员培训和转移中的环境因素。人为因素 32, 299-317.](#)
- [Lintern, G., Sheppard, D.J., Parker, D.L., Yates, K.E. 等人, 1989 年。模拟器设计和空对地攻击的教学特征: 转移研究。人为因素 31, 87-99.](#)
- [Lintern, G., Taylor, H.L., Koonce, J.M., Kaiser, R.H., Morrison, G.A., 1997 年。着陆中场景细节和视觉增强的准转移效果 训练。国际航空心理学杂志 7, 149 - 169.](#)
- [Lintern, G., Thomley-Yates, K.E., Nelson, B.E., Roscoe, S.N., 1987. 内容、多样性和增强模拟视觉场景以教授空对地攻击。人类因子 29, 45-59.](#)
- [Liu, D., Macchiarella, N., Blickensderfer, E., Vincenzi, D., 2008 年。培训转移, 模拟和培训中的人为因素。CRC 出版社, 第 49-60 页。](#)
- [McGaghie, W.C., Issenberg, B.S., Petrusa, E.R., Scalese, R.J., 2010. 基于模拟的医学教育研究: 2003-2009。医学教育 44, 50-63.](#)
- [Morgan, J.F., Tidwell, S., Medina, A., Blanco, M., 2011. 关于入门的培训和测试-级别的商用机动车辆驾驶员。事故分析与预防 43, 1400-1407.](#)
- [Moroney, W., Lilienthal, M., 2008. 模拟和培训中的人为因素, 人类模拟和培训中的因素。CRC 出版社, 第 3-38 页。](#)
- [Nalmpantis, D., Naniopoulos, A., Bekiaris, E., Panou, M., Gregersen, N.P., Falkmer, T., Baten, G., Juan, D., 2005. “培训师”项目: 试点应用新驾驶员培训技术的评估, 载于: Underwood, G. \(主编\), 交通和运输心理学: 理论与应用。Elsevier, 英国诺丁汉, 第 141-156 页。](#)
- [Neukum, A., Lang, B., Krueger, H.P., 2003 年。基于模拟器的紧急车辆驾驶培训。驾驶员模拟会议论文集, 密歇根州迪尔伯恩。](#)
- [Oskarsson, P.-A., Nählinder, S., Svensson, E., 2010 年。培训迁移的元研究, 人为因素和人体工程学学会年会论文集, 第 2422-2426.](#)
- [Pfeiffer, M.G., Horey, J.D., Butrimas, S.K., 1991. 模拟仪器训练的转移 仪表和联系飞行。国际航空心理学杂志 1, 219-229.](#)
- [Pinto, M., Cavallo, V., Ohlmann, T., 2008. 驾驶模拟器的发展: 走向多感官解决方案。Le Travail Humain 71, 62-95.](#)
- [Pollatsek, A., Narayanaan, V., Pradhan, A., Fisher, D.L., 2006. 评估基于 PC 的驾驶风险意识和感知培训计划 模拟器。人的因素: 人的因素和人体工程学杂志 社会 48, 447-464 %R 410.1518/001872006778606787.](#)



- Pollatsek, A.P., Vlakveld, W.P., Kappé, B., Pradhan, A., Fisher, D.L., 2011。作为培训和评估工具的驾驶模拟器：新手司机，在：D.L, F., Rizzo, M., Caird, J.K. , Lee, J.D. (Eds.), 工程、医学和心理学的驾驶模拟。 Taylor 和 Francis, 佛罗里达州博卡拉顿, 第 30-31 - 30-18 页。
- Pollock, D., Bayarri, S., Vicente, E., 1999。在道路安全研究中使用驾驶模拟器的历史视角, 系统和机器人分析与控制设计的进展。施普林格柏林/海德堡, 第 309-320 页。
- Pradhan, A.K., Fisher, D.L., Pollatsek, A., 2005。基于 PC 的培训对新手的影  
响 驾驶模拟器中的驾驶员风险意识, 第三国际会议论文集 驾驶员评估、培训和  
车辆中的人为因素驾驶研讨会 设计。
- Pradhan, A.K.、Pollatsek, A.、Knodler, M.、Fisher, D.L., 2009 年。年轻司机  
能否接受培训 扫描信息, 以降低他们在道路交通场景中的风险 难以识别为危险  
品? 人体工程学 52, 657-673。
- Rantanen, E.M., Talleur, D.A., 2005。增量转移和成本效益 大学航空课程中的地  
面飞行训练员。人为因素和 人体工程学学会年会论文集 49, 764-768。
- Reed, M.P., Green, P.A., 1999。公路和低成本驾驶性能比较 模拟器使用并发电话。  
人体工程学 42, 1015。
- Reed, N., Parkes, A.M., 2005。队列研究的初步结果 英国, 人文主义研讨会布尔诺。
- Regan, M.A., Deery, H.A., Triggs, T.J., 1998。新手车注意力控制训练 驱动程序:  
模拟器研究。 , 人为因素和人体工程学学报 社会..... 年会。 , 圣莫尼卡,  
第 1452 - 1157 页。
- Regan, M.A., Triggs, T., Godley, S., 2000。基于模拟器的驱动器智能评估 新手  
司机光盘培训产品, 2000年道路安全论文集 研究、警务和教育会议 (pp.315-  
320) 。澳大利亚布里斯班。
- Rolfe, J.M., Caro, P.W., 1982。确定飞行模拟器的训练效果: 一些基本问题和实  
际进展。应用人体工程学 13, 243-250。
- Salas, E.、Wilson, K.A.、Burke, C.S.、Wightman, D.C., 2006 年。是否提供船员  
资源 管理培训工作? 更新、扩展和一些关键需求。 人的因素: 人的因素和人体  
工程学学会杂志 48, 392- 412。
- Salmon, P.M., Lenne, M.G., Mitsopoulos-Rubens, E., Triggs, T., Wallace, P.,  
2012。基于技术的培训系统设计: 培训技术的通用模型 选择、设计和实施。战  
场技术杂志 15, 31-38。
- 夏皮罗, M.J., 加德纳, R., 戈德温, S.A., 杰伊, G.D., 林奎斯特, D.G., 索尔兹  
伯里, M.L., 萨拉斯, E., 2008。为基于模拟的培训定义团队绩效: 方法论,  
急诊医学的指标和机会。学术急诊医学 15, 1088-1097。
- Singh, H.、Barbour, B.M.、Cox, D.J., 2011 年。驾驶模拟提供的驾驶康复, 载于:  
D.L, F., Rizzo, M., Caird, J.K., Lee, J.D. (主编), 驾驶模拟工程学、  
医学和心理学。 CRC 出版社: Taylor and Francis Group, 纽约; 伦敦, 第  
32-31 - 32-12 页。
- Strayer, D.L., Drews, F.A., 2003 年。模拟器训练提高驾驶员效率: 从模拟器转移  
到现实世界, 驾驶评估 2003: 第二届国际驾驶研讨会, 关于驾驶员评估、培训  
和车辆设计中的人为因素, 犹他州帕克城

- Uhr, M.B.F., Felix, D., Williams, B.J., Krueger, H., 2003. 高级培训的转移驾驶模拟器：真实世界环境与模拟驾驶中的比较 机动驾驶任务, DSC, 密歇根州迪尔伯恩。
- Wachtel, J., Romoser, M.R.E., D.L, F., K.A., S., Mourant, R., 2005。通过基于模拟器的建议提高老年驾驶员关键驾驶技能的潜力, 载于: Dorn, L. (Ed.), 驾驶员行为与培训, 卷。 2. Ashgate Publishing, Ltd, 英国奥尔德肖特, 第 105-120 页。
- Weir, D.H., Clark, A.J., 1995。中级驾驶模拟器调查。 Warrendale: 汽车工程师协会。
- Westra, D.P., Lintern, G., Sheppard, D.J., Thomley, K.E., Mauk, R., 1986. 模拟器设计 和航母着陆的教学特点: 实地转移研究。海军 奥兰多培训系统中心: 佛罗里达州。