



轮式机器人的实践与展望

李德毅¹, 郑思仪²

1. 中国人工智能学会 北京 100876
2. 中国电子系统工程研究所 北京 100039

提到机器人,我认为,如果它只是你的工具,那它就是机器,称不上机器人;如果它可以跟你友好地交流互动,成为你的伙伴,那么,它就是机器人。我们把汽车智能化,可以无人驾驶,一直把它看作轮式机器人。

轮式机器人是汽车的颠覆性创造

自从1885年德国工程师卡尔·奔驰发明第一辆汽车(三轮内燃机车)以来,汽车工业走过了130年的辉煌历程,改变了全球交通,改变了社会形态,也改变了人类生活,成为现代文明的重要标志。百年汽车工业成功的秘诀在于规模化生产、精细化管理和高可靠运行,如果想让传统汽车变成和人类友好相处的轮式机器人,要达到这3个标准对IT人来说是个很大的挑战,同时也是对传统汽车行业的颠覆。

颠覆性技术是指打破常规、另辟蹊径的新技术,它会对传统技术或主流技术的继续使用产生颠覆性效果。2013年麦卡锡公司预测了12项决定未来经济的颠覆性技术,其中移动互联网、知识工程的自动化、物联网、云计算、先进机器人学、自主或准自主行驶的车辆、储能技术这前7项颠覆性技术都与轮式机器人强相关。颠覆性技术固然重要,但颠覆性创新更重要。颠覆性创新跟技术本身的复杂性有关,它往往从边缘市场切入,以简单、方便、便宜为初始阶段特征,用新的价值体系开辟新市场,改变已有的规则。

颠覆性创新是不可抗拒的,假若全

世界的汽车都变成轮式机器人,那将多达几十亿个。所以,对机器人产业的定义,需要重新考量。汽车以人工孤立驾驶的模式运行100余年,车辆动力学性质已经相当完善,在此基础上的轮式机器人,主要不是改变车辆的动力学性质,而是实现智能驾驶。2012年第4期的《麻省理工综述》中的《汽车的颠覆性创造》刊登了这样一句话:“个人移动共享工具”才是21世纪的交通,“汽车”已经过时了。如今,一人一车、一人多车,导致了人类对自然资源的过度掠夺和过度消费,尤其是土地和能源,还引发一系列生态问题和社会问题。

谈到轮式机器人的智能驾驶,就必须谈到它的性能、可靠性与成本。目前,轮式机器人的硬件成本大概在100万元人民币左右,对于普通老百姓来说太过昂贵。所以,我们不看好私家车的智能化。从可靠性来看,人工驾驶即使是有经验的专业司机,可靠性大概是 10^{-3} ,也就是说,开车1000次,就有1次要被扣分,或者开车1000小时,就有一小时出事故。 10^{-3} 的可靠性,造成的交通事故被号称为全球“第一杀手”。事故率较低的飞机,其飞行的整体可靠性可达 10^{-6} ;而轮式机器人的可靠性,基本可以达到飞机可靠性的水平。目前,按照我们的计算,如果BD/GPS导航、摄像头导航与雷达导航的可靠性均是 10^{-2} ,理论上它们同时使用的可靠性就能达到 10^{-6} 。由此可见,轮式机器人自主驾驶的可靠性,比人工驾驶高2~3个数量级,它的发展趋势是不可阻挡的。

移动互联时代需要从根本上改变车辆驾驶方式,把人从低级、繁琐、持久的驾驶活动中解脱出来,把人类从全球“第一杀手”中解救出来。到2025年左右,路上80%以上的车辆都将是自主行驶,偶尔的人工驾驶只是为了享受驾驶的乐趣而已,移动机器人将极大地提高人类移动生活的品质。所以,轮式机器人将兴起,专职司机行业将逐渐消失,私人拥有轿车的时代会渐行渐远。

轮式机器人颠覆性创新的十大共识

全球智能驾驶的实践近乎火爆,尽管形态多样,方法各异,但轮式机器人的技术条件已经基本成熟,并趋向形成以下10点共识。

1) 出行有风险,开车须谨慎,安全无尽头,智能无极限。轮式机器人的可靠性会逐步提高,但是永远没有不犯错误的时候,甚至可靠性达到 10^{-10} ,仍然不能说是没有事故。

2) 道路信息化有助实现智能驾驶,但研究重点还是应放在车上。

3) 车载传感器必然是多元异构,没有哪一种传感器是完美的,轮式机器人的传感器配置方案和智能驾驶实现途径具有多样性。

4) 包括导航在内的、越来越丰富的、离线的汽车辅助驾驶手段(ADAS, Advance Driver Assistant System)离在线的自动驾驶仅一步之遥;越来越多的、在线的自动驾驶科目离汽车的全自动驾驶仅一步之遥,跨过这两步比人们



预料的要快。

5) 引入人类生活 130 年的汽车, 车辆动力学性质已经相当完善, 其人机工程学的巨大成功导致纵向控制和横向控制的解耦, 为轮式机器人的自动驾驶和双驾双控奠定了基础, 人与车的关系类似骑士与马的关系, 人一定要能合理干预智能车, 人机双驾双控势在必行。正如一匹好马, 在骑士受伤之后, 会把骑士背回家, 希望将来的轮式机器人也能有这样的功能——在驾驶途中驾驶员突然发病, 轮式机器人会直接将驾驶员送到医院。

6) 轮式机器人带来的伦理问题和交规修改, 不太会影响智能车的质量认定和行驶过程中的事故责任认定, 总体上仍然分别归属生产厂商和车辆责任人。

7) 智能车已悄然上路, 智能驾驶就在身边, 各种各样智能商用车的社会化运营比智能轿车的私人购买要早。

8) 各国都在积极探索建立高效的智能车试验场、示范项目, 规范智能车的测试与评估, 探索运营模式。

9) 利用包括智能车传感器在内的大数据, 可优化交通基础资源, 实时监控交通设施, 提供高效的信息服务, 即时处置交通事故, 缓解交通拥堵, 有效建立车联网和物流网。

10) 轮式机器人可望成为互联网时代手机之后的新型端设备, 再加上交通设施的信息化改造和“随你而行”的信息化服务, 包括自动驾驶汽车在内的轮式机器人产业迎来井喷期, 整车价格上不封顶, 智能驾驶对汽车行业不是灾难而是福音。

智能驾驶实践的再认识

智能车的各种感知和认知手段, 相互依存, 甚至彼此缠绕。在各类比赛场、测试场中, 对智能车表现出的千奇百怪、反反复复的状况, 人们都困惑过、迷茫过, 试来试去理不出头绪, 试验和评估活动混乱无序。也就是在这些多姿多彩的实践活动中, 正在逐渐形成明确的试验约束, 呼唤规范化试验, 呼唤智能驾驶试验与评估的方法学。

轮式机器人, 就像一位驾驶员, 在

它的驾驶认知里要能理解道路地图, 比如哪个路口好走、哪个路口拥堵等等, 要非常清楚, 并做出实时路径规划。尤其重要的是, 同步定位和 SLAM 技术已经成为当今智能驾驶的十大关键技术之一, 要不断把这些知识在认知坐标系里进行迭代、转换, 形成记忆认知。其实, 记忆认知比计算认知更重要, 驾驶员在陌生的道路与熟悉的道路上开车差别会很大, 而差就差在经验上, 也就是驾驶员的记忆。我们的驾驶态势图, 充分体现了记忆认知、计算认知和交互认知三位一体, 并正在完成一个整体架构的板卡设计。我们希望能做成一个轮式机器人的驾驶脑板卡, 让它从一个传统的、具有执行功能的汽车变成一个自主的轮式机器人, 不但有行动, 更有感知和认知。

在 15 年的智能车研发中, 我们摸索出一条智能驾驶试验与评估的递进式阶梯, 可解耦合, 排先后, 拾级而上。我们用 3 个 1/3 实现智能驾驶试验的解耦和排序, 由上而下地认识问题, 由下而上地解决问题; 先后有序, 递进式调



李德毅在“人工智能开启机器人新纪元”专题论坛上
(中国人工智能学会供图)

模块,不牵一发动全身;孤立问题,减少耦合,增量式调智商,不相互缠绕。我们坚持把车辆的动力学性能做好,然后再一个一个模块地增加。在智能车改装完成后,首先由第三方完成车辆动力学性能测试,确保控制器和执行器接收到驾驶脑送来的数据和信号是符合要求的,同时确保改装没有影响人工驾驶的功能和性能,能够实现人机双驾双控。其次,在封闭环境下,孤立问题,突出重点,先调好控制模块,后调雷达模块、图像模块,完成首个 1/3 分项测试,是智能车试验调试成功的基础。接着,在开放道路稀疏流量下,完成 2/3 组合测试,雷达+GPS,或摄像头+GPS,或雷达+摄像头完成一次次分组试验。最后,在典型开放道路环境下完成 3/3 的综合测试。我们强调人机交互,智能车可以通过语音播报路段信息、车辆状态等,通过 iPad 等手持终端显示车辆实时位置;车上乘员通过 iPad 等手持终端可控制车辆的启动/停车、加/减速等,同时可以显示车辆实时位置和轨迹。这就是“解耦和、排先后、拾级而上”——智能驾驶试验与评估特定的递进式阶梯。

云计算和大数据让轮式机器人更聪明

众所周知,基于位置的服务(LBS, Location Based Services)是最接地气的云计算,和街景地图的作用相比,用于车联网的驾驶地图才是互联网地图的命根子。

云机器人依托云计算优势,重在认知,体现在端设备上感知和行动;先研发语言和图像丰富、认知复杂、动作相对简单的特定认知域的云机器人,如导航机器人,其智商和情商容易取得小众的共识。研发云机器人成为大数据认知的一个突破口。

机器人与人,可能形似神不似,也可能神似形不似。我们认为当前应该

更多研发的不是人型机器人,而是神似形不似的云机器人。利用“云+端”的形态和深度学习,涌现出太多的云机器人雏形,它们和自然人相比神似形不似,很多的记忆认知和计算认知可从云上获得。当前的感知、交互认知、行为控制和协调在端上,有自主学习和主动寻求帮助的能力,能够满足移动生活中的人群对特定领域工作的机器人的迫切需求。

在云计算数据中心,用成千上万台的 CPU+GPU 服务器架构,通过大数据样本做混合的大规模深度学习的并行训练,可确定几十亿个参数的人工神经网络模型,用于语音识别、人脸识别等已经获得明显成效,深度学习等这类有监督学习充分利用了互联网的群体智能,在云计算数据中心得到了广泛应用。当前,深度学习吸收了云计算和大数据的红利。深度学习实际上是一套灵活的、复杂而又简单的形式化模型框架,依靠不同深度的神经网络中的大量参数的确定去处理不同的问题,参数量可高达十几亿个,参数的精度靠大量的数据训练得以保证,适合端到端的学习。深度学习以卷积神经网络(CNN, Convolutional Neural Network)为代表,相比早先的浅学习,它不但可以从局部到全局提取不同层次的特征参数,还可以利用卷积的微分性质通过改变卷积核在更高阶上提取特征参数,是抽象认知能力的提升,而不仅仅是神经网络的宽度——神经元数目的增加。

互联网、云计算、物联网和大数据可以有力支撑云机器人如何听说、如何看、如何想,解决机器人如何动作的“智能制造 2025”迎来了我国机器人的春天。云计算和大数据使得轮式机器人更聪明,我们能为驾驶服务研发更多的云机器人,如路口交警手语识别机器人、教练机器人、代驾机器人、交通事故仲裁机器人、特种车辆服务机器人等等。

轮式机器人展望

轮式机器人亦或是我国智能制造 2025 的第 1 张名片,也是我国智慧城市、智能交通的第 1 张名片。机器人产业给社会带来的变化是全方位的,影响不可低估。

仅仅由研究院所和高校利用后改装的汽车,在封闭道路上进行无人驾驶试验或比赛,已经成为过去时。因为用户不会购买昂贵的、“拳打脚踢”后改装的试验用车,并且整车厂商的智能车已经上路行使,智能车研发正在进入规模化生产阶段。

国内外智能驾驶示范项目会越来越多,各种各样的智能商用车的社会化运营比智能轿车的私人购买要早,其商业模式甚至会改变城市和社会的组织形态。其中,快速公交、社区通勤、景区观光、公路火车物流等,尤其值得关注。从以车载传感器为代表的智能车零部件到整车的智能鲁棒性评测,正在形成规模化生产智能车全新的产业链,跨界创新尤其是 IT 和汽车业的跨界创新在其中展现出勃勃生机,外企车进军中国智能车市场的势头汹涌。

轮式机器人还会对移动测绘行业带来挑战。移动测量车比无人驾驶车有更高档的传感器配置,可以在测量的同时实现无人驾驶。一旦全国乃至全球的移动测量车变成移动测量机器人,泛在测绘将成为事实;一旦智能驾驶成为事实,全球的车辆都在移动测量,测绘的众包将成为事实。

当然,轮式机器人除了用于交通,还可用在工业、农业、医疗与健康等各个方面,将成为人类生产、生活中的常态。它方便、简洁,自主、自适应、自学习,助老、助残、助儿童、助自理,它时刻在线,将和手机一样成为人人联网、物联网中的基础型端设备,成为生成大数据的海量传感器,成为人类移动生活的同行者。

(编辑 王丽娜)