



陈小平，中国人工智能学会人工智能伦理与治理工委主任，中国科学技术大学机器人实验室主任，广东省科学院人工智能首席科学家。曾任 2015 世界人工智能联合大会（IJCAI2015）机器人领域主席、2008 和 2015 机器人世界杯及学术大会（RoboCup2008, 2015）主席、Journal of Artificial Intelligence Research 和 Knowledge Engineering Review 编委。获中科大“杰出研究校长奖”、机器人世界杯冠军、最佳论文奖、行业年度十大科技进展及其他国内外学术荣誉 20 余项。

卷首语

Foreword

开辟物理人工智能的新局面

陈小平

物理人工智能正在成为人工智能的新热点。直观上，物理人工智能是在物理空间中工作的人工智能，与之相对的是在信息空间中工作的信息人工智能，包括生成式人工智能、规划式人工智能和分析式人工智能等不同技术类型。但在信息人工智能的基础上，通过建立感知、决策、执行与物理世界的闭环，也能完成物理空间中的某些工作。因此，有必要澄清两种人工智能的科学原理。

原理上，信息人工智能基于信息化和图灵可计算性，通过建立内部模型与外部世界的同构，使内部计算得出的动作效果与这些动作在物理世界中的执行效果一致，确保物理世界中任务的完成。物理人工智能基于物理世界的第一性原理，通过自身硬件或其环境的物理改变，以及与环境物理交互，利用物理规律的作用完成任务。为此，物理人工智能通过软硬件的运行保障物理规律起作用的条件和时机，无需建立内部模型与外部世界的同构。所以，物理人工智能是超越信息化和图灵可计算性、与信息人工智能本质不同的另一种人工智能。

物理人工智能和具备感知、决策、执行能力的信息人工智能及物理启发的人工智能都属于具身智能。软体/柔性机器人是物理人工智能的一种实体形式。根据工程应用需要，各种技术和装备常集成使用。

抓取柔性物品（柔软的、易损的、光滑的、形状不规则的、性质不确定的物品）仍是一项挑战性课题。抓取主要遵循 3 条物理规律。第一，物品的重力要小于物品与手爪之间的静态摩擦力，否则就会“打滑”抓不起来；第二，静态摩擦力等于法向夹持力乘以摩擦系数，所以如果摩擦系数很小，就必须施加很大的夹持力；第三，夹持力要小于物品的材料破坏阈值，否则就会抓坏物品。当 3 个条件都被满足时，才可以抓起而不抓坏物品。

现有手爪的摩擦系数通常很小，必须施加很大的夹持力才能产生足够大的静态摩擦力，这往往导致易损物品被抓坏。信息人工智能无法改变摩擦系数，所以上述难题无解。运用物理人工智能可以增大摩擦系数，让所需夹持力变小，使得 3 条物理规律都被满足。

技术挑战在于，如何让同一个手爪，对预定范围内柔性和刚性的各种物品都满足 3 条物理规律。为此，中国科学技术大学机器人实验室基于融差性原理，研制了满足上述要求的多款刚柔合一手爪，能够抓取家庭环境中的常用小型物品，包括几百克的一整块软豆腐和其他柔性物品，并且只需使用低成本摄像头和普通计算单元，也无需进行复杂的感知、决策或控制计算，包含手爪在内的整个物理人工智能系统是低成本的。

不同的问题往往需要运用不同的物理规律，发明不同的物理改变方式和物理交互方式，从而促进人工智能创新空间的实质性拓展。物理人工智能往往不需要大算力和大数据的支撑，恰好符合我国众多产业的现实情况和智能化升级的普遍需要。国家“十五五”规划要求钢铁、石化、船舶、电子信息、机械装备、轻工、纺织、建筑等 8 个重点产业提质升级。这些产业普遍涉及柔性操作对象和非结构化生产环境，需要运用物理规律、物理改变和物理交互找到解决方案。所以，物理人工智能将在我国重点产业及整个实体经济高质量发展中发挥不可或缺的关键作用。因此，我国科技界和产业界正面临新的历史使命和历史机遇——开辟物理人工智能及其产业落地的新局面。