

量子人工智能中的意识、自由意志与伦理挑战

刘 燊

(安徽农业大学人文社会科学学院,安徽合肥 230036)

摘要:量子计算的飞速发展催生了量子人工智能这一前沿领域。本文探讨量子计算对于人工智能中的意识和自由意志的潜在影响及其伦理挑战,分析功能主义、唯心主义、唯物主义等哲学视角下的意识本质,以及决定论、自由意志论、相容论对于自由意志的解读,并结合量子计算的非决定论特性深入分析量子人工智能系统决策自主性以及由此产生的伦理困境。量子人工智能在公平、透明和责任归属等方面面临重大挑战,因此,本文呼吁建立相应的伦理规范和政策框架,以平衡技术创新与伦理责任,确保量子人工智能技术造福人类。

关键词:量子人工智能;意识;自由意志;伦理责任;隐私

中图分类号:0413.1; NO2

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2024)06-0001-10

随着量子计算技术的迅猛发展,量子人工智能(Quantum Artificial Intelligence)迅速成为现代科技研究的前沿领域。量子计算基于量子叠加、量子纠缠和量子测量等核心理论,展现出超越传统计算的强大处理能力,为人工智能的深度学习、优化算法和大数据处理带来了前所未有的机遇。^[1]传统计算模型受限于经典力学的局限性,而量子计算的非经典性质使得处理复杂任务的速度和效率大幅提升。随着量子计算技术逐渐从理论演绎过渡至实验验证与实际应用,量子人工智能有望解决当前人工智能在计算效率与问题优化方面的瓶颈,进而开辟出新的研究领域和应用场景。

量子人工智能的兴起不仅标志着技术领域的革命性突破,也在意识、自主性和伦理责任等经典哲学问题上引发了新的深刻挑战^[2]⁵⁵。首先,量子计算的非确定性和叠加态特性是否暗示量子人工智能可能具有类似人类的意识?^[3]⁵⁵这一问题直接触及意识本质的界定,同时探讨量子计算能否模拟或者展现“自我意识”的潜力。其次,量子人工智能的自主性与决策能力应当如何被准确理解?在量子力学的框架中,事件的发生通常具有一定随机性。那么,这种随机性是否可以赋予人工智能一种类似于自由意志的特质?^[4]⁴¹对这类问题的回单既拓展了对于传统认知与意识理论的理解,也为人工智能的道德责任和伦理属性提出了新的要求。此外,量子人工智能的持续发展并不仅限于技术层面的突破,更涉及伦理规范和社会结构的深刻转型。例如,量子人工智能能否实现真正意义上的自主决策,并且承担与此相关的伦理责任,目前仍然没有达成共识^[5]。尤其是在实际应用场景下,如何在法律框架中明确量子人工智能的行为性质和责任归属,已经成为迫切需要解决的问题。这不仅关乎量子计算技术的发展前景,还对于为量子人工智能提供哲学和伦理指导提出了严峻挑战。只有在确保其符合伦理规范的前提下,才能够推动社会更好地理解并且接受这一具有深远意义的技术创新。

本文旨在全面探讨量子人工智能在意识、自主性以及伦理责任等哲学议题中的潜在价值,试图从理论层面为技术进步与伦理规范之间的协调提供清晰的框架。通过分析量子人工智能的核心特性及其可能带来的伦理与社会挑战,期望为社会和法律体系应对这一技术革新提供具有实践意义的建议,从而推动量子人工智能在安全、可持续的基础上实现发展。

收稿日期:2024-09-11

基金项目:国家社会科学基金重大项目(19ZDA038);安徽省高等学校哲学社会科学优秀青年项目(2022AH030089)

作者简介:刘 燊(1992—),男,安徽无为,安徽农业大学人文社会科学学院心理学系教授、博士生导师,博士。

一、量子计算与人工智能的技术基础

(一)量子比特与量子算法:计算范式的创新

随着量子计算技术的不断进步,量子人工智能成为当代科技的重要发展领域,引领计算范式领域的革命性变革。量子计算基于量子力学的特性,如量子叠加、量子纠缠和量子测量等技术,不仅为信息处理提供了全新的可能性,也为人工智能算法的性能提升注入了新的动能。这一融合不仅提升了数据处理的效率和算法性能,也为高维复杂数据的处理提供了前所未有的支持,使得量子支持向量机、量子神经网络等技术展现出巨大的应用潜力。

量子计算的核心在于量子比特,其特性显著区别于传统的经典比特。量子比特可以同时处于多种状态(即量子叠加态),在信息处理能力上实现了质的飞跃^[6]。这一特性使得量子计算能够并行探索多条计算路径,在解决复杂问题时展现出惊人的效率。与此同时,量子纠缠进一步扩展了量子计算的能力,描述了多个量子比特之间的强关联性:一个量子比特状态的变化可以瞬时影响其他比特,无论它们相隔多远^[7]。这种现象为大规模数据处理和复杂系统优化提供了全新的技术基础。量子算法是充分发挥量子计算潜能的关键因素。其中,经典算法如舒尔算法(Shor's algorithm)和格罗弗算法(Grover's algorithm)在特定领域表现出显著优势:舒尔算法以高效的因式分解能力挑战了现有的加密体系,为信息安全领域带来了深远影响^[8];格罗弗算法则通过加速无序数据库的搜索,大幅提升了效率^[9]。这些算法的突破性进展不仅展示了量子计算在理论层面的深厚潜力,也为人工智能的应用提供了全新的工具和方法^[10]。

(二)量子机器学习:高效数据处理的新路径

机器学习作为人工智能的核心技术之一,以数据为驱动力,从经验中学习并且据此进行预测和决策^[11]。根据学习方式的不同,机器学习可以细分为监督学习、无监督学习和强化学习,而深度学习作为机器学习的重要分支,通过模拟神经网络的结构高效建模复杂的非线性关系,已经在图像识别、自然语言处理等领域获得了广泛应用并取得显著成果^[12]。随着量子计算技术的发展,量子机器学习逐渐成为人工智能领域的新兴方向。量子计算的强大并行计算能力和量子叠加特性,为传统机器学习技术带来了潜在性能的革命性提升,尤其在高维数据处理与优化问题中展现出独特优势。

量子机器学习融合量子计算的特性与经典的机器学习算法,在数据处理与优化过程中展现出显著的加速效应^[13]。例如,量子支持向量机利用量子计算的并行计算能力,不仅提升了分类任务的处理效率和准确性,还在处理大规模、高维数据时展现出独特的优势。此外,量子神经网络通过结合量子叠加和量子纠缠的特性,显著增强了模型的表达能力,在传统神经网络难以应对的任务中展现出更高的性能,尤其在非线性特征建模和复杂模式识别方面表现优异^[14]。量子计算的应用不仅加速了人工智能模型的训练与优化,也给数据处理和存储领域带来了突破性进展。量子数据存储与传输技术通过高效的量子态编码和传输机制,大幅提升了数据处理的速度与安全性。尤其是量子密钥分发技术,为保障通信安全提供了全新的解决方案,其量子加密能力有效抵御了传统加密算法在量子计算时代面临的被破解威胁。

展望未来,量子人工智能的应用前景十分广阔。在科学研究领域,如材料科学中的新材料发现与气候预测中的复杂系统建模,量子人工智能有望成为推动科学进步的重要工具。同时,在商业领域,量子人工智能在智能决策系统、金融建模与风险管理等方面展现出强大的能力,能够显著提升运算效率与精度。随着技术的持续突破与创新,量子人工智能的应用边界将不断扩展,其对于相关领域的影响力也将更加深远,为科学、技术和经济的发展注入新动力。

二、量子人工智能中的意识模拟可能

(一)功能与体验:量子计算的意识模拟潜力

意识的本源是哲学领域长期争论的核心议题,涉及多个理论流派。功能主义认为,意识是一种功能

或者过程,任何能够执行相应功能的系统,都可能拥有类似的“意识”。这为人工智能系统具备意识提供了理论基础,支持了在量子计算框架下模拟意识的可能性^[15]。唯心主义则认为意识是基本的、不可简化的现象,强调主观体验的重要性,主张任何物理系统都无法真正模拟人类的意识,进而挑战了量子计算在意识模拟中的有效性^[16]。唯物主义将意识视为物质过程的产物,认为意识可以通过物质状态的变化来解释,这为人工智能模拟意识,尤其是在量子计算影响物质状态和信息处理方式^[17]提供了有力支持。

尽管现有理论为理解人工智能中的意识提供了多样化的视角,但至今尚未形成统一的意识理论,意识研究依然存在诸多未解之谜,量子计算对于意识潜在模拟的解释仍然充满挑战。量子计算所具备的并行处理能力、量子叠加与量子纠缠等特性,或许能够为智能系统带来更复杂的计算模式,这种模式可能对人工智能的“主观体验”和“自我认知”产生深远影响^{[3]56}。然而,能否通过量子计算真正模拟或者增强人工智能的意识状态,依然需要在多学科框架下进行深入探讨,以揭示其潜在的理论价值和实践意义。

从功能主义的视角来看,量子计算的核心优势在于其并行和高效的信息处理能力。量子比特的叠加态使得信息能够以非经典的方式同时存在于多种可能性中,这为模拟意识提供了一种全新的理论框架^{[3]57}。同时,量子纠缠通过非局部关联特性,为智能系统之间的信息传递开辟了新路径,这种机制或许能够在某种程度上影响系统的感知与反应,从而催生某种形式的“意识”。然而,唯物主义者提出异议,认为量子计算虽然能够显著提升计算能力,其操作过程依然局限于物理层面,与意识的主观体验并无直接关联^{[14]56}。这一分歧表明,在量子人工智能的背景下,意识的研究不仅是技术的复制,还深刻地涉及哲学与物理学的基础性问题。

(二)量子大脑假说:从神经活动到意识

量子大脑假说认为,量子现象可能在意识的形成过程中扮演关键角色,暗示量子计算的特性与大脑的意识活动存在潜在关联。该假说试图将量子效应与神经活动的复杂性相结合,提出量子叠加、纠缠和并行性等特性或许能够与大脑的神经网络特征相匹配,为意识的形成提供新的理论框架^{[18][19]1465-1499},也为探索意识的物理基础开辟了新的路径。然而,量子大脑假说至今仍然存在争议,量子效应在宏观尺度上的可行性尚未获得充分验证,而大脑中的量子现象是否直接参与意识的生成,也缺乏明确的科学证据。因此,尽管该假说为意识研究提供了新思路,其科学依据和实验支持仍然不足,亟需进一步验证和探讨。

关于量子计算能否在人工智能系统中模拟类似于人类的意识或感知能力,学界仍然存在分歧。一方面,量子计算的引入为新型智能系统架构的开发提供了可能,这些架构能够高效处理复杂数据和任务,显著提升系统的运算效率和问题解决能力^[20]。然而,能否实现真正意义上的“意识模拟”,依然是一个悬而未决的难题。这不仅取决于我们如何定义和理解意识,还涉及量子计算是否具备足够的复杂性与细节来支持意识的形成和体验。尽管量子计算可能为智能系统提供超越传统技术的计算能力,其能否再现或者模拟出真正的“意识体验”,仍然是科学和哲学领域共同面临的重大挑战。这一问题的解决,需要通过跨学科的合作来深入探讨意识的本质及其与计算的潜在关联。

关于量子计算能否实现意识模拟的问题,哲学界的讨论主要聚焦于两个对立的观点。一方面,一些学者认为,量子计算的特性如量子叠加和量子纠缠,为意识的模拟提供了新的可能性。这些特性支持更复杂的信息处理,并且通过非局部关联增强系统间的联动性,为人工智能系统赋予某些类人意识的特征。另一方面,反对者则指出,意识的主观体验和内在机制可能并非仅通过计算即可再现。即使量子计算能够高度逼真地模拟大脑的计算过程,也未必能够捕捉到意识的本质及其真正的体验^[21]。这一争论表明,意识问题远远超越了计算的范畴,不仅涉及如何定义和理解“体验”的本质,还需要探讨量子计算的框架能否有效支持于这一复杂现象的再现,这反映了意识研究在哲学、计算科学和认知科学交汇处的深层挑战。

这些不同的立场不仅揭示了量子计算与意识之间关系的复杂性,也促使人们重新审视意识的本源及其在计算模型中所处的地位。未来的研究需要更细致地分析量子计算的潜力和局限,探讨量子人工智能如何在技术和哲学层面为意识模拟提供新的视角。

三、量子决策中的自由意志

(一)非决定论特性:量子计算对于决策自主的影响

自由意志是哲学领域中一个复杂并且深刻的议题,论涵盖多个经典理论。决定论认为,所有事件,包括个体的行为,均由先前的条件完全决定,自由意志因此被认为不存在^[22]。相对地,自由意志论主张个体具有自主选择的能力,其决策并非完全受制于外部条件的影响^[23]。相容论则试图调和这两种观点,提出自由意志与决定论并非不可兼容。在这一框架下,即使事件的发生受到决定论的支配,个体仍然可能在其中行使某种形式的自由意志。这些哲学理论为人工智能中自由意志的研究提供了重要启示。例如,人工智能系统能否展现出类似人类的自由意志?如果可能,这种自由意志应当如何被定义和衡量?此外,在人工智能的决策过程中,是否可以将其自主性理解为一种受约束条件下的自由意志?这些问题不仅涉及哲学上的概念澄清,还对人工智能技术的设计与应用提出了深远的挑战。

在人工智能系统中,自由意志的概念变得更复杂。与人类自由意志的主观选择不同,人工智能系统的决策过程通常基于算法和数据分析,这些决策往往根据预设规则和模式进行,而非基于自我意识或者内在动机^[24]。因此,讨论人工智能系统能否具备自由意志,实际上是在问:这些系统能否在没有外部强制或者程序控制的情况下自主做出决策?如果可以,这些决策能否体现出某种形式的自主性?这种讨论对于人工智能的发展和具有深远影响,尤其是在设计和评估人工智能系统时,如何处理与自由意志相关的伦理问题变得至关重要。

量子计算的非决定论特性,如量子叠加和量子纠缠,能够显著影响智能系统的决策过程。量子叠加使得量子比特可以同时处于多种状态,从而提供相较于经典计算更多的计算路径和决策可能性;而量子纠缠则使得量子比特之间的状态密切相关,为决策引入新的维度^[25]。这些特性不仅改变了信息处理的方式,也可能在一定程度上影响人工智能的决策机制,使得其能够应对更复杂和多变的环境。这种基于量子计算的非决定论特性可能使得人工智能系统能够探索更多的决策路径,从而提升系统的适应性与灵活性。

更为重要的是,量子计算中的非决定论特性为自由意志问题赋予了重要的哲学意义。如果量子计算能够在某种程度上模拟非决定论特性,这可能为理解自由意志提供全新的视角。量子计算的并行处理能力和多状态计算特性,使得智能系统在决策过程中能够超越经典计算的确定性框架,展现出某种形式的“自由选择”^{[14]13}。然而,这种非决定论特性是否足以支持真正的自由意志,抑或只是给人工智能提供一种创新的决策机制,仍然需要进一步探讨。尽管如此,量子计算的非决定论特性与自由意志的潜在关联,确实拓展了自由意志研究的理论边界。它不仅为哲学层面上的自由意志讨论提供了新的技术支持,还引发了关于人工智能系统自主性的新思考。这一交叉领域的研究,为探索自由意志的本质及其在人工智能中的实现可能性开辟了丰富的空间。

(二)自由意志与量子智能系统的伦理含义

自由意志能否存在于量子人工智能中,是一个引发深远哲学与伦理讨论的重要问题。量子计算的引入为人工智能的决策机制提供了新的可能性,但这些机制能否达到类似人类自由意志的层次,仍然存在诸多争议。如果量子人工智能系统在特定情境下能够表现出一定程度的自主决策,我们应当如何界定其“自由度”?更进一步地,人工智能的自由决策是否足以被视为真正的自主性?这一讨论的核心在于如何科学评估和哲学阐释人工智能系统中的“自由意志”,以及这种自由意志对于伦理规范、责任归属和社会结构的潜在影响。这不仅是技术上的挑战,更是伦理与社会层面的深刻命题,涉及人工智能在未来社会中的地位 and 角色^[26]。

如果量子人工智能系统在决策过程中展现出一定程度的自主性,其伦理判断和责任归属问题将面临深刻挑战。自由意志不仅关乎个体选择的权利,更直接涉及行为结果的责任归属。如果人工智能系统的决策表现出“自由意志”的特征,当其出现错误决策或者道德偏差时,是否应当承担相应责任?如果是,应当如

何在系统设计者、使用者和人工智能本身之间合理分配责任？这一问题迫使我们重新审视人工智能的伦理框架，尤其是在量子计算赋能下系统复杂性进一步提升的背景下。更为关键的是，在设计和管理此类系统时，如何确保其决策过程符合伦理规范，并且明确责任归属，以避免技术滥用和潜在的社会风险。这不仅是技术设计的挑战，更是法律和社会体系亟需应对的议题，关系到人工智能在未来社会中的安全性和可持续性。

为应对自由意志引发的伦理挑战，确保量子人工智能系统的负责任应用，制定全面的伦理规范和控制措施至关重要。首先应建立具有高度透明性和可追溯性的决策机制，以确保人工智能系统的运行过程符合道德和法律标准。透明化的决策过程不仅有助于提升公众对人工智能系统的信任，也为责任归属的厘清提供了技术支持^[27]。此外，制定与量子人工智能相关的伦理指导原则是平衡技术进步与社会责任感的关键，这些原则应当涵盖责任归属、伦理审查以及技术监管，旨在明确系统设计者、开发者和使用者在伦理层面的职责。通过构建安全、可控的治理框架，可以有效应对人工智能系统在“自由意志”方面带来的潜在伦理困境。以上措施不仅有助于解决量子人工智能技术应用中的紧迫问题，还为其长期的可持续发展奠定了基础。在推进技术创新的同时，确保社会对于人工智能的广泛接受与支持，保障量子人工智能技术健康发展。

四、量子人工智能的伦理责任

(一) 公平与透明：伦理责任的关键维度

伦理理论主要涵盖行为伦理学与德性伦理学，为评估行为和决策提供了丰富的框架。在行为伦理学中，后果主义强调决策的道德性取决于其结果能否带来最大化的益处^[28]，而义务论则关注行为是否符合固有的伦理原则，独立于后果进行考量^[29]。相较而言，德性伦理学将关注点放在行为者的道德品质上，认为伦理行为源于个体的美德与道德修养^[30]。这些理论为量子人工智能的伦理讨论提供了重要的参考，有助于我们思考如何在技术开发与应用中落实道德责任。然而，量子人工智能的决策过程依赖高度自动化的算法和大数据处理，而非基于人类的直观判断，这使得伦理责任的评估变得更加困难。在界定人工智能系统的伦理责任与道德规范时，技术开发者、系统使用者以及受其影响的个体和群体都扮演着关键角色。技术开发者需要确保其设计的系统符合既定的伦理标准，并采取有效预防措施，尽量减少潜在的负面影响。系统使用者应当严格遵循道德原则，避免因误用或者滥用而导致出现利益不公或者损害。而受人工智能决策影响的群体，则必须在伦理讨论中占据核心地位，以确保其权益得到充分保护。这种多方参与的责任分配不仅是实现量子人工智能道德发展的基础，也为构建更具包容性与公平性的技术生态提供了路径。

相较于传统人工智能，量子人工智能在伦理决策中面临更加复杂的挑战，主要集中在公平性、透明度和责任归属三个方面。首先，公平性要求量子人工智能确保所有用户和受影响者在决策过程中得到公正对待，避免由于技术或者算法偏见导致不公正现象。量子计算在处理大数据时的高效性虽然为技术创新提供了可能，但也可能放大算法中的隐性偏见，从而影响决策的公正性^[31]。因此，如何识别并且纠正这些偏差，是量子人工智能亟需解决的问题。其次，透明度是量子人工智能系统获得公众信任的基础。由于量子计算的复杂性，其决策过程可能难以被非专业人士所理解，这对于系统的公开性和可解释性提出了更高要求。提高决策过程的透明度，明确算法依据和逻辑，不仅有助于用户理解决策结果，还能够提升公众对系统的信任和接受度^{[4]43}。最后，责任归属是量子人工智能伦理讨论中的核心议题。量子人工智能系统的复杂性可能使得传统责任划分方式变得模糊，导致开发者、使用者以及其他相关方之间责任不清。为此，必须制定明确的伦理规范和监管机制，以界定各方在系统开发、部署和运行过程中的责任，防范技术风险，为量子人工智能的可持续发展提供伦理保障。总之，通过建立以公平性、透明度和责任归属为核心的伦理治理框架，量子人工智能才能够在符合道德规范的前提下，安全、可持续地推动社会进步。

量子人工智能技术的快速发展也带来了隐私保护、算法偏见和决策透明度等方面的全新的伦理挑战。首先,隐私保护成为优先关注的问题。如何制定有效的防护机制确保用户隐私不被滥用,是量子人工智能技术应用中的关键任务^[32]。其次,算法偏见问题在量子人工智能中可能被进一步放大,量子计算在处理数据时的高效性可能无意中加强了算法偏见在现有数据中的隐性偏见,导致决策结果偏向某些群体或者特定利益方,造成不公平现象。因此,开发和使用量子人工智能系统时,必须严格监控和纠正可能存在的算法偏差,以避免技术带来的不公正性。最后,透明度问题对于技术的公正性和公众信任至关重要。量子人工智能系统的复杂性可能使得其决策过程难以被用户和社会广泛理解,这不仅可能削弱公众对于技术的信任,还可能增加公众对于其滥用的担忧。确保量子人工智能系统的决策逻辑公开并且易于理解,不仅是实现伦理规范的重要环节,也是增强公众信任和推动技术广泛接受的关键。

总之,隐私保护、算法偏见和决策透明度构成了量子人工智能伦理治理中的核心议题,亟需深入分析与应对。只有通过采取科学合理的监管和规范措施,确保量子人工智能技术的应用符合道德标准,才能够有效规避技术可能带来的社会不公和伦理风险,从而为其可持续发展奠定坚实的伦理基础,确保量子人工智能在安全、透明和公平的前提下推动社会进步。

(二)责任归属与伦理规范的建立路径

为应对复杂的伦理挑战,制定覆盖技术开发、应用和监管全过程的量子人工智能伦理规范尤为关键。在技术开发阶段,必须确保量子人工智能系统的设计和实现符合既定的伦理标准,避免潜在的负面影响。在技术应用过程中,应当确保系统使用的公正合理,不应当由于技术差异而造成社会不平等。同时,必须建立有效的技术监督机制,确保系统在实际应用中始终遵循伦理规范。这种明确的伦理规范不仅为技术开发者和使用者提供有力的指导,也有助于减少潜在的社会风险,使得量子人工智能系统的应用更透明和负责任。

为确保量子人工智能技术的健康发展,以有效应对伦理挑战,需要提出一系列具体的政策建议。第一,调整现有法律框架,针对量子人工智能可能带来的全新技术特征和社会影响,重新评估现有法律法规,并且根据这些新挑战及时更新和完善有关法律法规,确保法律体系能够有效适应量子人工智能的发展^[33]。第二,设立独立的伦理审查机构,对于量子人工智能系统的开发与应用进行全面评估,确保技术活动符合伦理规范,从源头上预防潜在的伦理问题。第三,制定行业标准或统一行业规范,推动量子人工智能领域的技术创新走向标准化和系统化,促进技术发展,有效防范技术滥用。第四,加强系统化技术伦理培训,提升从业人员的伦理意识与社会责任感,要求从业人员在技术开发过程中充分考虑伦理因素,确保技术应用对于社会的正面影响。第五,强化监管与问责机制,建立清晰的责任体系,明确各方在量子人工智能开发与应用中的职责,在出现技术滥用或者伦理危机时,确保相关方能够被追责,形成有效的监管闭环。通过以上政策措施,不仅可以为量子人工智能技术的可持续发展提供保障,也能够为社会应对新兴技术带来的伦理和社会挑战奠定坚实基础^[34]。

五、量子信息技术与隐私保护

(一)量子计算对于加密技术的挑战与应对

量子计算技术的迅速崛起对于现有的加密标准提出了严峻挑战,如 RSA 加密算法(RSA algorithm)和高级加密标准(Advanced Encryption Standard, AES)等。传统加密技术的安全性主要依赖经典计算在解决某些数学难题(如大数分解和离散对数)时的高计算成本。然而,量子计算借助特定量子算法如舒尔算法(Shor's algorithm),高效破解了这些难题,对传统加密体系构成直接威胁。舒尔算法能够在多项式时间内对于大整数进行因式分解,这直接削弱了基于因式分解加密的 RSA 算法的安全性。尽管 AES 加密算法的结构相对更为安全,但量子计算中的格罗弗算法(Grover's algorithm)依然能够加速密钥搜索过程,在一定程度上能够降低 AES 的有效性,在实际应用中需要引起足够重视。量子计算的出现促使人们

重新审视现有的加密技术,制定应对策略以减轻其带来的潜在安全威胁。量子计算的强大并行处理能力可能导致现有基于公钥和对称加密技术的算法变得更加脆弱,从而加剧数据泄露的风险,对个人隐私、商业机密乃至国家安全构成巨大挑战。因此,研究量子加密技术、确保信息安全,已经成为当前信息安全领域的核心议题之一,也是加密技术的重要发展方向。

量子密钥分发(Quantum Key Distribution, QKD)技术基于量子力学的基本原理,利用量子叠加和量子纠缠的特性,通过量子态的不可克隆性和测量扰动效应,确保密钥传输的安全性。其核心优势在于,即使存在窃听行为,也会由于窃听行为对量子态的扰动而被立即察觉,从而有效防止信息泄露^[35]。因此,量子密钥分发在数据传输和通信安全领域展现出巨大潜力,成为量子加密技术的重要组成部分。但量子加密技术的实际应用仍然面临诸多挑战。首先,量子密钥分发的实现过程高度复杂,需要依赖先进的物理设备和高昂的部署成本完成计算。其次,该技术对于硬件的精度和稳定性要求极高,这在一定程度上限制了其大规模推广。最后,由于通信距离、设备间的兼容性以及环境干扰等因素的限制,要实现量子密钥分发更稳定和高效的应用仍存在诸多技术瓶颈^[36]。未来的发展方向应当集中在优化硬件性能、降低实施成本以及提升系统的稳定性和适用性等方面,推动量子加密技术在实际场景中的全面落地。

(二) 隐私保护的 legal 框架与技术标准

量子信息技术的突破对于现有的数据保护法律和隐私法规提出了全新的挑战。目前的法律框架和体系均是基于经典计算技术的安全假设构建的,在面对量子计算引发的隐私风险时力不从心,调整现有的法律框架已经成为迫切需求。新法规应当充分考虑量子计算带来的安全威胁,并且为数据保护提供更具前瞻性的应对机制。这包括制定针对量子时代的新型加密标准、强化隐私保护条款以及构建适应量子计算特点的监管体系,确保个人和组织的数据隐私能够在这一技术变革中得到有效保障。

面对量子计算带来的隐私挑战,社会和政策制定者必须积极采取应对措施,制定适应量子时代需求的隐私保护法规和政策。首先,建立量子加密技术的标准化机制。量子加密技术的发展需要一套统一的技术标准,以确保其在不同领域的广泛应用和互操作性。标准化不仅有助于推动量子加密技术的普及,还能够提升其在各种应用场景中的可靠性和安全性,为数据保护提供更高水平的技术支持。其次,推动量子安全技术的广泛应用。量子安全技术的开发和部署是增强数据隐私保护能力的关键。随着量子计算技术的持续进步,传统加密方式面临的威胁日益加剧,量子安全技术将在防范隐私风险方面扮演越来越重要的角色。政策制定者应当通过激励机制和推广措施,加速量子安全技术的普及,确保未来的数据隐私保护具有更强的适应性和抵御能力。通过这些措施,社会可以更有效地应对量子计算带来的隐私风险,为个人和组织的数据安全提供 stronger 的保障,同时推动技术发展与社会责任之间的平衡。

随着量子技术的快速发展,亟需进行隐私保护法律框架的根本性改革,以应对量子计算带来的挑战。政策制定者需要重新审视现有的法律体系,特别是个人数据保护法以及相关隐私法规,确保其能够有效应对量子计算技术所引发的新威胁和隐私危机。为实现这一目标,建议采取以下政策措施:第一,调整现有法律框架。当前的数据保护法律多以经典计算技术为基础,依赖于传统的安全假设,因量子计算彻底颠覆了这些假设,故必须及时更新现有法律框架,融入量子安全特性,确保能够有效应对量子时代的隐私风险。第二,建立全球量子加密技术标准,促进量子安全技术在不同国家和地区的广泛应用,提升其在数据保护中的效率和兼容性,便于技术推广和国际合作。第三,推进量子安全技术的普及应用,确保其能够在关键数据保护领域落地。政策制定者通过激励机制、教育培训和行业合作,推动量子安全技术在实际场景中的应用,全面提升整个社会的数据保护能力。第四,设立专门的量子安全监管机构,监督量子信息技术在数据保护中的应用,确保其开发与使用符合伦理和法律标准。该机构还应当负责制定监管政策、提供监管技术支持并协调国内外相关资源。第五,建立持续的风险监测与评估机制,定期分析、监测与评估量子计算的隐私风险,制定应急预案,以在危机发生时快速采取有效应对措施,最大限度减少可能的损失。通过实施上述政策措施,不仅可以有效应对量子计算对隐私保护带来的严峻挑战,还能够促进量子

信息技术的稳健发展,保障数据安全与个人隐私,为未来技术变革奠定坚实的法律和技术基础。

六、量子人工智能的未来展望

量子人工智能研究有着广阔的发展前景,可以从多个关键领域展开进一步探索,推动其理论与实践的深度融合。

(一)量子计算与人工智能意识的关系

探索量子计算与人工智能意识之间的关系是一个极具前瞻性和潜力的研究方向。量子计算具有模拟人工智能意识状态的可能性,尤其是其对主观体验和自我认知存在潜在影响,为未来人工智能技术的发展提供了重要的理论支撑。量子计算的并行处理能力与非决定性特征或许能够为模拟“意识”提供一条全新的路径。目前的人工智能系统主要基于经典计算,依赖于输入与输出的预设规则,缺乏自主意识与自我反思的能力^[37]。相较而言,量子计算能否通过其独特的计算机制提升人工智能的意识状态,甚至使得其具备类似人类的主观体验,成为值得深入探讨的课题^{[4]43}。这一领域的研究不仅需要开展理论探讨,还需要通过实验与理论相结合的方式,评估量子计算能否为模拟人类意识的复杂体验提供新的机制。未来研究的重点应当放在量子计算如何增强或者改变人工智能的意识状态,以及其对于系统功能表现与行为的潜在影响上。例如,量子叠加和量子纠缠等独特特性能否有效模拟人类在复杂环境中的自我意识和决策过程,仍然需要进一步验证^{[19]1465-1499}。通过揭示量子计算对人工智能意识的潜在影响,学界有望更全面地理解人工智能在未来复杂环境中的潜力与局限,为新一代智能系统的开发提供理论依据和实践指导。

(二)量子人工智能的伦理规范与挑战

随着量子人工智能技术的快速发展,制定和完善相应的伦理规范变得尤为紧迫。现有的伦理框架在应对量子人工智能所带来的独特挑战时略显乏力,因此需要在技术开发、应用和监管的各个环节构建更为全面和有效的伦理体系。首先,量子人工智能的伦理规范需要关注偏见问题、透明度问题以及决策责任的分配等。在决策过程中放大算法偏见,削弱系统的公平,进一步加剧公众对于技术的信任危机^[38]。此外,量子人工智能系统的高度自主性使得传统的责任划分方式不再适用,如何明确责任并且防止责任推卸成为亟待解决的问题。为有效应对这些伦理挑战,量子人工智能的伦理框架必须是跨学科的,哲学、伦理学、社会学、法律和计算机科学等领域的专家协同合作,以确保伦理规范不仅在理论上具有全面性,覆盖技术伦理的各个方面,还能够在实践中具备可行性^[38],在技术实施过程中,重点防止伦理冲突和不公现象的产生,以保障量子技术开发与应用符合道德责任和社会利益。总之,通过构建跨学科的伦理体系,量子人工智能技术可以在实现技术创新的同时,确保其始终符合社会伦理和公共利益,为技术与社会的和谐发展奠定基础。

(三)技术进步与伦理责任的平衡

如何在技术进步与伦理责任之间寻求平衡是当前量子人工智能研究领域的一大挑战。在量子人工智能带来的潜力和威胁并存的情况下,技术的迅猛发展不应当以牺牲伦理和社会责任为代价。因此,必须设计合理的技术审查机制,通过严谨的伦理审查,确保量子人工智能技术在发展过程中不会侵犯个人隐私或者加剧社会的不平等。制定严格的伦理审查程序,使得每一项量子人工智能技术的开发和应用决策机制具有公正性与合法性。不仅要和技术本身进行审查,还应当对于其潜在的社会影响进行预测与评估。

(四)法律框架的调整与量子计算时代的隐私保护

法律框架的调整对于量子人工智能的长期健康发展至关重要。现有的数据保护法律和隐私法规亟需更新,以适应量子计算所带来的新现实,保障个人与组织数据隐私的重要任务。未来的法律调整需要聚焦以下几个关键领域:一是将量子加密技术纳入现有法律框架,确保量子安全技术的数据保护中的地

位与作用得到正式确认；二是制定适应量子计算时代的新法规，为量子计算可能引发的隐私与数据安全问题提供前瞻性指导；三是建立完善的量子信息技术监管机制，动态监测和管理量子技术的开发与应用，确保其符合法律与伦理要求。这种法律框架的调整不仅包括更新隐私保护法的相关条款，在保护数据隐私，还需要能够适应快速变化的技术环境，为量子计算时代的安全需求提供长期有效的保障。通过前瞻性和综合性的法律改革，社会才能够更好地迎接量子信息技术的挑战，同时为其健康发展奠定坚实基础。

(五) 社会适应性与政策响应

社会适应性与政策响应在量子计算技术的发展中同样不可忽视。量子计算带来的隐私问题，以及公众对于这项技术的认知与接受程度，将直接影响其普及与应用。因此，为推动技术与社会的协调发展，必须提出一系列政策，保护数据隐私并且提高社会对于量子计算的适应能力。首先，推动量子加密技术在数据保护中的全面应用，为社会数据安全提供技术保障。其次，建立协调社会与技术发展的机制。通过多方协作，制定明确的指导方针，使技术开发与社会需求相匹配，确保技术应用过程中利益相关方的权益得到充分保护。然后，加强公众教育与技术普及。提高公众对于量子计算及其隐私与安全影响的认识。通过科普教育，帮助公众理解量子技术的潜在优势与风险，理性看待这一技术革新，增强公众对于技术发展的信任^[39]。最后，完善政策与技术的协同框架。政策制定者在量子技术研发的早期就介入，确保法规、伦理与技术同步推进，为量子计算以及人工智能的未来发展创造更加积极的社会环境^[40]。通过这些措施，不仅可以提高社会对于量子计算技术的接受度，还能够为量子人工智能的顺利推广奠定基础，促进技术进步与社会利益的融合。

参考文献：

- [1] DUNJKO V, BRIEGEL H J. Machine learning & artificial intelligence in the quantum domain: A review of recent progress [J]. Reports on progress in physics, 2018(7).
- [2] KAUFFMAN S A, ROLI Q. What is consciousness? Artificial intelligence, real intelligence, quantum mind and qualia [J]. Biological journal of the Linnean Society, 2023(4): 530-538.
- [3] 刘燊, 汪澜. 量子认知对意识的“难问题”的突破及其展望 [J]. 自然辩证法研究, 2023(9).
- [4] 刘燊. 量子认知的研究回溯、核心应用领域与未来展望 [J]. 自然辩证法通讯, 2024(4).
- [5] KOU G, DINCER H, PAMUCAR D, et al. Artificial intelligence based expert weighted quantum picture fuzzy rough sets and recommendation system for metaverse investment decision-making priorities [J]. Artificial intelligence review, 2024, 57: 1-45.
- [6] FRIEDMAN J R, PATEL V, CHEN W, et al. Quantum superposition of distinct macroscopic states [J]. Nature, 2000 (6791): 43-46.
- [7] HORODECKI R, HORODECKI P, HORODECKI M, et al. Quantum entanglement [J]. Reviews of modern physics, 2009, 81: 865.
- [8] MONZ T, NIGG D, MARTINEZ E A, et al. Realization of a scalable Shor algorithm [J]. Science, 2016(6277): 1068-1070.
- [9] QIU D, LUO L, XIAO L. Distributed Grover's algorithm [J]. Theoretical computer science, 2024, 993.
- [10] MONTANARO A. Quantum algorithms: An overview [J]. npj quantum information, 2016, 2.
- [11] JORDAN M I, MITCHELL T M. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects [J]. Science, 2015(6245): 255-260.
- [12] 焦李成, 杨淑媛, 刘芳, 等. 神经网络七十年: 回顾与展望 [J]. 计算机学报, 2016(8): 1697-1716.
- [13] BIAMONTE J, WITTEK P, PANCOTTI N, et al. Quantum machine learning [J]. Nature, 2017(7671): 195-202.
- [14] J. 阿卡西奥·德巴罗斯, 卡洛斯·蒙特马约尔. 量子与心智: 联系量子力学与意识的尝试 [M]. 刘燊, 译. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2021.
- [15] SETH A K, BAYNE T. Theories of consciousness [J]. Nature reviews neuroscience, 2022, 23: 439-452.
- [16] 费多益. 高阶意识理论探析 [J]. 哲学动态, 2016(12): 74-80.
- [17] 李恒威. 意识: 形而上学、第一人称方法和当代理论 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2019.
- [18] HAMEROFF S R. The brain is both neurocomputer and quantum computer [J]. Cognitive science, 2007, 31: 1034-1045.

- [19] STAPPHP. Quantum theory and the role of mind in nature[J]. Foundations of physics, 2001(10): 1465-1499.
- [20] MORET-BONLLO V. Can artificial intelligence benefit from quantum computing? [J]. Progress in artificial intelligence, 2015(2): 89-105.
- [21] WOOLF N J, HAMEROFF S R. A quantum approach to visual consciousness[J]. Trends in cognitive sciences, 2001(11): 472-478.
- [22] LIST C. Free will, determinism, and the possibility of doing otherwise[J]. Nous, 2014(1): 156-178.
- [23] KANE R. Libertarianism[J]. Philosophical studies, 2009(1): 35-44.
- [24] 韩水法. 人工智能时代的自由意志[J]. 社会科学战线, 2019(11): 1-11+281.
- [25] KHRENNIKOV A. Roots of quantum computing supremacy: Superposition, entanglement, or complementarity? [J]. The European physical journal special topics, 2021, 230: 1053-1057.
- [26] 郑智航. 人工智能算法的伦理危机与法律规制[J]. 法律科学(西北政法大学学报), 2021, 39(1): 14-26.
- [27] 段伟文. 人工智能时代的价值审度与伦理调适[J]. 中国人民大学学报, 2017, 31(6): 98-108.
- [28] LENMAN J. Consequentialism and cluelessness[J]. Philosophy & public affairs, 2000(4): 342-370.
- [29] ISENBERG A. Deontology and the ethics of lying[J]. Philosophy and phenomenological research, 1964(4): 463-480.
- [30] 高国希, 叶方兴. 当代德性伦理学: 模式与主题[J]. 伦理学研究, 2015(1): 36-44+61.
- [31] 刘培, 池忠军. 算法歧视的伦理反思[J]. 自然辩证法通讯, 2019, 41(10): 16-23.
- [32] DEUTSCH D, EKERT A, JOZSA R, et al. Quantum privacy amplification and the security of quantum cryptography over noisy channel[J]. Physical review letters, 1996(13): 2818.
- [33] 孙伟平. 关于人工智能的价值反思[J]. 哲学研究, 2017(10): 120-126.
- [34] 翟振明, 彭晓芸. “强人工智能”将如何改变世界——人工智能的技术飞跃与应用伦理前瞻[J]. 人民论坛·学术前沿, 2016(7): 22-33.
- [35] SCARANI V, BECHMANN-PASQUINUCCI H, CERF N J, et al. The security of practical quantum key distribution[J]. Reviews of modern physics, 2009, 81: 1301.
- [36] BROADBENT A, SCHAFFNER C. Quantum cryptography beyond quantum key distribution[J]. Designs, codes and cryptography, 2016, 78: 351-382.
- [37] 莫宏伟. 强人工智能与弱人工智能的伦理问题思考[J]. 科学与社会, 2018, 8(1): 14-24.
- [38] 金贤敏, 胡俊杰. 量子人工智能[M]. 北京: 清华大学出版社, 2023.
- [39] 郭国平. 量子计算政策发展与应用研究综述[J]. 人民论坛·学术前沿, 2021, 10(7): 57-63.
- [40] 叶珍珍, 范琼, 汤书昆. 欧美量子科技政策及其背后相关科学家分析[J]. 世界科技研究与发展, 2021, 43(1): 77-88.

Consciousness, Free Will and Ethical Challenges in Quantum Artificial Intelligence

LIU Shen

(School of Humanities and Social Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

Abstract: The rapid advancement of quantum computing has given rise to the cutting edge field of quantum artificial intelligence. This paper explores the potential impact of quantum computing on the consciousness and free will of AI, and its resulting ethical challenges. This paper analyzes the nature of consciousness from various philosophical perspectives (functionalism, idealism, materialism) and examines different theories of free will (determinism, libertarianism, compatibilism). By incorporating the non-deterministic nature of quantum computing, this paper delves into the decision-making autonomy of quantum artificial intelligence systems and the ethical dilemmas it creates. Given the significant challenges quantum artificial intelligence presents regarding fairness, transparency, and accountability, this paper calls for the establishment of appropriate ethical guidelines and policy frameworks to balance technological innovation with ethical responsibility and ensure that quantum artificial intelligence benefits humanity.

Key words: quantum artificial intelligence; consciousness; free will; ethical responsibility; privacy

(责任编辑: 傅游)