

# 智能社会协同治理:研究现状与发展趋势

吕鹏<sup>1,2,3\*</sup>, 毕斯鹏<sup>1</sup>, 管正青<sup>4</sup>, 成海波<sup>4</sup>

(1. 中南大学公共管理学院, 长沙 410075; 2. 北京大学武汉人工智能研究院, 武汉 430075;

3. 之江实验室智能社会治理研究中心, 杭州 311121; 4. 复旦大学计算机科学技术学院, 上海 200433)

**摘要:**智能社会是以人机物的高度耦合为核心特征,以智能社会协同治理为核心治理模式,形成现代人到智能体的主体性转变,全面拓展人类的生物、时间和空间等存在属性的社会形态。智能社会协同治理是智能社会智能体充分调动各类智慧、技术、资源而形成的有机整合的治理模式,以解决智能社会的个体成员、运行规律、社会机构、治理模式、政策制定和伦理规范等一系列重大问题。国内外学者综合运用模型驱动和数据驱动的方法对智能社会进行建模,从协同治理主流理论、智能社会拓扑和协同决策优化等角度研究智能环境下的协同治理技术,发展了一系列智能社会协同治理的机理与模型。近些年来,物联网、人工智能和大数据等技术的发展进一步拓宽了智能社会协同治理的范畴,呈现出广阔的应用前景,但同时也对智能社会协同治理的模型与应用提出了新的挑战。文章从人类发展历史与核心社会特征演化趋势、数字社会向智能社会过渡阶段研究,协同计算的主要模型、方法以及协同计算在智能社会行为体“人机物”互动中的应用3个方面,对国内外的相关研究现状和进展进行综述和对比分析,凝练存在的关键科学与技术问题,分析各研究分支的特色和可能存在的互补性,最终给出该方向未来的潜在发展与研究方向。

**关键词:**智能社会; 协同治理; 人工智能; 社会计算; 协同计算

中图分类号: TP18

文献标志码: A

文章编号: 1000-5463(2023)01-0019-17

## Cooperative Governance of Intelligent Society: Research Status and Development Trend

Lü Peng<sup>1,2,3\*</sup>, BI Sipeng<sup>1</sup>, GUAN Zhengqing<sup>4</sup>, CHENG Haibo<sup>4</sup>

(1. School of Public Administration, Central South University, Changsha 410075, China; 2. Pku-Wuhan Institute for Artificial Intelligence,

Wuhan 430075, China; 3. Research Center for Intelligent Society and Governance, Zhejiang Lab, Hangzhou 311121, China;

4. School of Computer Science, Fudan University, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** The intelligent society is characterized by the high coupling of man and thing, and the cooperative governance of intelligent society is the core governance mode. It forms the subjective transformation from modern man to intelligent body, and comprehensively expands the social form of human existence attributes such as time, space, biology and society. Collaborative governance of intelligent society is the core governance mode of intelligent society. It is an organic integrated governance mode formed by intelligent society agents fully mobilizing all kinds of wisdom, technology and resources to solve the major problems of intelligent society, such as individual members, operation rules, social institutions, governance mode, policy making, ethical norms and so on. Scholars use a combination of model-driven and data-driven methods to model the intelligent society. The collaborative governance technology under intelligent environment is studied from the mainstream theory of collaborative governance, intelligent society topology, collaborative decision optimization and so on. A series of mechanisms and models of cooperative governance in intelligent society are developed. In recent years, the development of the Internet of Things, artificial intelligence and other technologies has further broadened the theoretical scope of collaborative governance of intelligent society, showing broad application prospects, but at the same time, it also poses new challenges to the model and application of collaborative governance of intelligent society. In this paper, the relevant research status and progress at

home and abroad are reviewed and compared from three aspects: the history of human development with the core characteristics of social evolution trend, digital society to intelligent social transition stage; the main model and collaborative computing method; collaborative computing in intelligent social actors “human-computer interaction”. Condense the key scientific and technological problems existing. The characteristics and possible complementarity of each research branch are analyzed, and the potential future research direction of this direction is finally given.

**Keywords:** intelligent society; collaborative governance; artificial intelligence; social computing; collaborative computing

随着数字化、智能化深度发展,人类正在进入智能社会时代<sup>[1]</sup>。随着智慧城市<sup>[2]</sup>和城市大脑<sup>[3]</sup>研究的相继完成,人类社会将进入智能社会治理阶段。随着信息与通信技术深入发展,大数据、人工智能等取得了巨大的发展,智能社会中的物理存在都将逐步具备智能属性。作为数字社会的高级形态,智能社会的数据与算法无处不在。作为“社会复杂系统”,智能社会的特征是“全息数据、全息算法”,已引起了国家治理层面的高度关注<sup>[4]</sup>。2021年,我国开始系统性开展智能社会治理实验研究,探索智能社会治理模式具有前瞻性意义。智能社会治理需要依托“协同计算”的关键理论、方法和技术,把不同的协同现象抽取出来作为研究对象,更有效地促进社会群体间的交互和协作,实现大协同、大共享、大联合。智能社会协同治理是社会计算、CSCW、群体智能、群智协同和演化计算等前沿领域的交叉热点<sup>[5]</sup>,其基础理论、关键技术、治理模型、核心规律、技术与方法突破,对我国社会治理模式转型具有重大意义。

智能社会作为人类社会未来趋势,传统宏观治理模式难以满足其城市管理、社会治理、公共服务和居民生活等领域的新要求,应采取大数据、人工智能等社会治理新模式、新方法,建设国际、国内 2 个大循环体系<sup>[4]</sup>。而治理主体机器化、治理体系算法化和治理手段技术化所带来的不确定性决定了基于人工智能的社会治理结果具有极大的风险性。伴随着信息技术的发展,有关智能社会的社会形态与协同治理相结合的研究议题已经吸引了全球研究者的兴趣,智能社会协同治理研究应运而生。在国际学术界,协同治理(Collaborative Governance)起源于 20 世纪 90 年代协同学理论以及新公共管理运动的融合与碰撞中<sup>[6]</sup>。智能社会协同治理强调“人机物”的深度协同,在宏观层面强化政府与社会的协同与合作、掌握更多的风险信息、调动更多的社会资源;在中观层面重点干预和调控群体的组织结构,促进多智能体的发展与演化行为;在微观层面实

现参与者的感知能力从静态扩展到动态、从单维扩展到多维,以期实现“善治”。

本文将基于已有文献中关于智能社会协同治理的相关讨论,尝试以不同协同治理理论与技术为线索,呈现智能社会作为人类最新发展模态所产生的问题与挑战,说明智能社会协同治理研究已成为智能社会的重要议题,并总结智能社会协同治理的方向与路径;对智能社会协同治理发展的理论和技术背景进行追溯,通过梳理智能社会协同治理的规律与机理、建模方法、协同治理技术、评估技术与方法和相关代表性应用,对国内外研究现状进行较为全面的综述,以期智能社会协同治理研究的理论和技术创新提供思路和方法;最后,对智能社会协同治理研究进行发展趋势总结与展望,以期推动智能社会协同治理研究更高更快发展。

## 1 智能社会的重要议题:智能社会协同治理

### 1.1 智能社会:人类最新发展模态

智能社会不是人类发展进程的突变,而是具有清晰的演进路径。在社会发展过程中,个体的存在状态也随之变化。一个首要的问题是梳理人类社会的诸多形态,从农业社会到工业社会,从信息社会、网络社会、数字社会到现在的智能社会。社会形态的变化导致社会主要矛盾的变化。随着数据化程度提升,全社会数据粒度增强到一定程度,就能够映射出一个更加高维、独立的虚拟社会。在智能社会,机器是承载算法、实践算法和优化算法的社会行动单元。机器与自然人、法人一样,都是合法存在的社会行为体(Agents)。因此,在智能社会中人与机的关系成为主要社会矛盾。智能社会治理变化主要表现在以下 3 个方面<sup>[7]</sup>:第一,政府、企业等在日常管理中的机器辅助程度加深。“人”与“机器”的行为逻辑的内在区别限制社会治理策略的选择,从而引发社会风险。第二,治理体系算法化。传统的规范性

治理主要源自于道德与法律,由于人工智能技术作为社会治理手段引入,算法模型具有与其他社会规范一致的等值作用,算法作为国家制度规范的重要补充,如何被传统法律、道德所吸收,重新建构有效、完整的国家制度规范体系值得深入思考。第三,治理手段技术化。在社会治理的效用方面,人工智能“的确能够以跃进的方式提升体制效率和体制韧性,但是这种提升效应是短期的,不仅难以持续,而且还会造成体制的长期固化”<sup>[8]</sup>。人工智能发展不仅孕育着走向“数字秩序”机遇,而且潜伏着“技术利维坦”风险。

## 1.2 智能社会治理:问题与挑战

所谓智能社会治理,就是要对未来智能社会形态进行充分预演、科学应对、方案预备和超前部署。理想目标是实现人机物高度耦合,实现人、机、物和谐共存、各得其所。

### 1.2.1 社会治理方面的挑战

实现智能社会治理,面临的社会治理方面的挑战主要有:(1)人的存在属性扩展。智能社会扩展了人的时间、空间、生命和社会属性,促进自由全面发展<sup>[9]</sup>。智能社会时代,算法与人共融共生的协同关系。所有行动者(人、机、物)都被统一为智能体(Agents),实现了智能社会中更为广义上的平等。纯粹人类文明将会终结,人机物混合的智能体成为社会主要物种。(2)社会组织存在形态变迁。智能社会带来的社会组织形态的变化主要是社会组织空间归属变化<sup>[10]</sup>。在智能社会,可用区块链技术完整记录全部社会治理信息,提升国家治理现代化水平。以时间为维度,对空间各种主体进行全生命周期记录,将有效避免短视与推诿行为,倒逼相关责任主体做好治理工作。(3)国家治理的智能转型问题。从“数字社会”到“智能社会”,是一个从量变到质变的进程。数字社会是以互联网、移动互联网为基础构建起来的,核心特征是人、物的数据化。在一定程度上,数据能够刻画人与物的动态属性变化,实现规则应用与管理干预。通过信息数据管理虚拟社会,进而管理与优化现实社会,需要实现算法的智能化、泛在化和通用化。

### 1.2.2 计算模型方面的挑战

为了实现智能社会协同治理,当前需要解决的技术方面的问题有:(1)增强可编程性<sup>[11]</sup>。边缘计算模型中,部分或全部的计算任务从云端迁移到边缘节点,而边缘节点大多是异构平台,每个节点上的运行环境可能有所差异,因此,在边缘计算模型下部署用户应用程序时,需研

究新型编程方式<sup>[12]</sup>。(2)改造命名规则<sup>[13]</sup>。与计算机系统的命名规则类似,社会协同计算的命名规则对编程、寻址、识别和数据通信具有重要作用,而当前暂无较为高效的命名规则<sup>[14]</sup>。(3)数据抽象问题<sup>[15]</sup>。社会协同治理操作系统的应用程序通过服务管理层 API 来使用数据或提供服务,相比其他计算模型,社会协同计算中的数据抽象更具挑战性<sup>[14]</sup>。(4)强化数据隐私保护及安全<sup>[16]</sup>。智慧城市的运营需要整合物联网、大数据、传感器、机器学习和基于 GPS 的应用等关键技术,对公民相关数据的安全性和完整性构成重大威胁。(5)商业模式问题<sup>[17]</sup>。社会协同计算的商业模式取决于参与该模型的多个利益相关者,如何结合现有的协同计算商业模式来发展社会协同计算的多边商业模式也是社会协同计算所面临的重要问题之一<sup>[14]</sup>。(6)统一计算理论体系<sup>[18]</sup>。现有的主要智能社会治理计算模型中,实体要素行为发展与演化理论大部分是针对具体的系统或应用来构造和刻画的。如何构造对智能系统的形成和演化过程进行预测、分析以及建模的通用模型,如何设计调控干预智能系统的组织结构和协同机制的统一方法,仍是亟须解决的关键问题。(7)跨领域计算模型的创新<sup>[19]</sup>。现有的智能社会治理计算研究大部分从单一的角度展开,或聚焦于生物启发的群体智能系统,或聚焦于多智能体系统,或聚焦于面向互联网的社会计算系统。这些模型和方法各有优势,但缺乏联系。综合多个视角开展智能社会治理模型和方法的研究,将有助于取长补短,促进智能社会治理的计算模型和方法创新。

### 1.2.3 关键技术方面的挑战

基于人、机、物高度融合的智能社会协同治理为相关关键技术带来了较大的挑战。总体而言,现有的智能社会协同治理存在着以下的技术挑战:(1)探索全局态势、实时感知的动态自主协同治理管控技术与机制:现有协同管控技术对复杂系统进行了过度抽象简化,使得系统优化能力非常有限。随着无线通信和传感器技术的飞速发展,实现全局态势、实时感知成为可能。将智能感知、智能认知以及智能行动融为一体,构建全局态势、实时感知的自主协同治理管控技术与机制,是提升智能社会背景下的协同治理性能的重要途径,是真正实现协同演化必须解决的问题。(2)发展动态、开放环境中的可持续、可扩展智能社会协同决策方法与技术:随着网络技术的快速发展,尤其是区块链、边缘计算等技术的不断成熟,智能社会将会在更加动态、开放的环境中运行。由于组成智能系统的

群智资源,以及需要智能系统完成的任务都是动态变化的,这对协同决策在动态、开放环境中的可持续性和可扩展性都提出了新挑战。(3)完善智能社会背景下的协同计算的隐私保护和安全保障机制。协同计算的核心是贡献与协作,在开放、复杂的互联网环境中,智能系统难免会受到恶意攻击,同时也面临着复杂的隐私保护、安全保障等问题,已有学者开始探索智能社会协同计算的隐私保护和安全保障机制<sup>[20]</sup>。如何构建更完善的安全理论体系,实现动态、开放环境中安全、可靠的智能社会协同计算,仍是值得关注的重要课题。

**1.2.4 系统平台方面的挑战** 目前的社会协同治理系统平台面对不稳定因素的扰动时往往表现出较大脆弱性,并有可能造成协同关系的中断,进而对平台系统的生态稳定性产生不利影响。华中生等<sup>[21]</sup>指出平台生态系统要实现稳定可持续发展,亟需建立一套合理有效的利益分配机制,以调动企业合作积极性,增强企业间协同合作能力,进而提升平台生态系统的价值创造效率。可见,收益分配制度、文化等因素均可以对社会协同治理系统平台协同创新产生影响。综上所述,现有研究已对社会协同治理系统平台的稳定性进行了深入的研究,但仍存在以下问题:(1)社会协同治理的系统平台作为平台组织主导的复杂系统,包括多种协同创新组织形态,鲜有文献以社会协同治理的系统平台为对象,利用协同治理理论研究其协同创新动态演化过程。(2)多数研究是以企业间系统平台作为协同创新的协同主体,但是在社会协同治理的系统平台中,不管是企业系统平台之间,或是政府系统平台之间,还是企业系统平台与政府系统平台之间都会产生协同创新。(3)虽然已有学者从收益分配、互补性等角度对系统平台协同创新进行研究,但仍然缺乏对不同影响因素综合作用下的系统的思考和研究。(4)在互联网技术和新一代人工智能技术飞速发展的浪潮下,需要面向科学研究、工业制造、交通物流、经济金融和软件开发等领域打造智能社会协同治理的公共平台,发展新型的协同治理平台与应用模式,推动研究成果的应用转化,助力相关产业的升级和变革。

### 1.3 智能社会协同治理:方向与路径

**1.3.1 智能社会协同治理的定义** 以人机物的高度耦合为核心特征,智能社会是高级社会形态。智能社会协同治理是智能社会的核心治理模式,是智能社会智能体充分调动各类智慧、技术、资源而形成的有机整合的治理模式,以解决智能社会的重大治

理问题。

#### 1.3.2 智能社会协同治理的核心特征

(1)“人机物”高度耦合。智能社会的成员集,包括人、机、物,是主要的智能社会行为体(Social Actors),即社会行动者。因此,其核心特征是“人机物”高度耦合<sup>[22]</sup>。进一步讲,智能社会的人不是传统意义上表述的人,而是与智能算法与载体设备深度嵌入的人;物也不是传统意义上的物,而是具备了信息感知、基础设施、信号传输和状态更新等属性,并形成底层支撑的物。

(2)全息社会协同治理。全息社会是现实社会的镜像,可以将现实社会的所有要素映射到一个虚拟平台,进而通过计算、模拟等方式对社会协同治理策略进行评估。传统社会、网络社会和数字社会尚不具备建设全息社会所需的数据、算法等客观条件。随着数字孪生、人工智能和VR等技术的发展,人类社会逐步具备了进入全息社会的条件。

#### 1.3.3 智能社会协同治理的方向与路径

(1)主体协同治理:“人机物”协同治理。在智能社会,三大类社会行为体之间的协同模式包括6个方面:人与人协同,侧重财富分配、公共利益分配、纠纷调解裁判;机与机协同,侧重发挥群体智能、智能体协作和全域更新优化;物与物协同,侧重实现功能互补、整体协同和生态优化;人与机协同,侧重二者互相嵌入的广度、深度、场景来制定可行、缓冲、预警区间;机与物协同,侧重合理设置物的分布、更新、场景和反馈等,保障机完成任务;人与物协同,侧重物服务人的深度和广度的巨大扩展。

(2)技术协同治理:“多智能体”协同治理。智能社会中,多智能体的进化计算和群集智能方法受生物启发,所设计的算法、机制或系统具备智能发展与演化能力。多智能体系统(MAS)是核心方法,既通过复杂系统动力学理论来分析多智能体本身的规律,又通过博弈、强化学习和神经网络学习等技术进一步完善多智能体之间的联系与发展模型<sup>[23]</sup>,从而设计多智能体社会协同算法,无疑将加快算法的收敛和增强算法的优化能力。

(3)边界协同治理:“数据-行为”协同治理。智能社会协同治理是协同性、综合性和系统性治理,需要通过数据智能研判行为,达到边界协同治理。可基于“数字孪生”理念,打造“智能全息社会”。全息社会有机体建设应充分利用政府与机构、互联网、传感器、物联网等产生的数据实现多源异构整合<sup>[24]</sup>。智能社会协同治理需要合理设定协同规则,构建协

同行为规范,求解协同有效性边界、协同合法性边界和协同安全性边界<sup>[25]</sup>。

(4)属性协同治理:“物理-全息”协同治理。在整合多源异构数据的基础上,全息社会将数据实时动态存储、构建动态数据库,并智能匹配动态权重,形成全息社会有机体总图<sup>[26]</sup>,达到“物理-全息”协同治理。总体逻辑是:对“物理存在形态”的动态属性予以画像,通过历史事件反向推演“生命状态阈值”。

(5)过程协同治理:“算法-评估”协同治理。智能社会协同治理将重塑社会协同治理模式、国家协同治理流程。协同治理需要平衡“秩序与活力”,实现“双向塑造”,实现大尺度、全要素的社会协同模拟,获取共同知识与行为空间协同指数,基于自主涌现来编织社会协同规范网络,以实现全局最优(Global Wisdom)。

(6)学科协同治理:“社会-计算”协同治理。研究智能社会和计算技术协同治理,需要掌握跨学科知识,涉及计算机科学、信息科学和社会科学等。计算社会科学是研究智能社会的最新范式,需从个体、数据、算法、组织、文化和伦理等角度研究智能社会协同治理。“社会-计算”协同治理研究将激发数字人文、社会计算、复杂性科学、科学学、智能法学、智能社会学、社会物理学、社会仿生学和智能伦理学发展。

## 2 国内外研究现状

### 2.1 智能社会协同治理规律与机理

随着全球化和信息技术的发展,复杂多样的社会风险对现代社会的发展存在严重威胁。单一部门和系统的传统治理方式已经不能满足智能社会需求,而协作治理正是应对这种风险的一种新型治理方式,是一种追求跨机构的、跨域的、跨部门的协作方式(Collaboration)。

2.1.1 智能社会协同治理目标定位 许多国家都以人工智能发展为核心制定了智能社会协同治理的目标。BUNZ和JANCIUTE<sup>[27]</sup>的研究发现英国政府未来十年将致力于在人工智能领域的重大发现实现显著增长,并从人工智能带来的最大经济和生产力增长中获益,建立世界上最值得信赖和支持创新的人工智能治理体系。VAN<sup>[28]</sup>的研究发现欧洲在人工智能规则系统的建设上主要围绕“卓越生态系统”和“信任生态系统”2个方面展开。其中,“卓越生态系统”是要建设一个洲、国家和地区3个层面

措施协同的政策框架;信任生态系统则是确保体系遵守欧盟的规则,包括保护基本权利和消费者权利。DIRKSEN和TAKAHASHI<sup>[29]</sup>的研究发现日本通过未来社会5.0来解决社会问题。伴随着新技术的不断发展,学者们对协同治理的应用目标愈发清晰。如:苏俊<sup>[30]</sup>认为,智能社会协同治理亟需开展人工智能社会实验,通过建立实验组 and 对照组、科学抽样和伦理审查,形成技术规范、技术标准和政策建议,助力国家治理现代化。常保国与戚姝<sup>[31]</sup>从政府治理、经济生态格局、社会文化、公共服务和风险治理等方面考虑,认为应加快新技术应用。徐辉<sup>[32]</sup>认为,智能社会协同旨在开创“智能政务”联动化工作新局面,统筹好五大关系,加快整合数据硬件与软件平台资源。贾一苇<sup>[33]</sup>认为,要构建人工智能开放互通体系,吸引社会力量共建,推进各行业、各领域数据资源进行平台对接,释放人工智能“红利”,实现高效协同。许勇和黄福寿<sup>[34]</sup>认为,智能社会协同治理的目标是如何利用人工智能提升国家治理效能,从而加强国家-社会联接、促进决策科学化、提升管理能力、完善反馈机制。

2.1.2 智能社会协同治理战略措施 CATH等<sup>[35]</sup>的研究发现:英国通过投资并规划人工智能生态系统的长期需求,继续保持英国作为科学和人工智能强国的领导地位,确保英国获得人工智能技术的治理权,通过保护公众和基本价值观来实现智能社会协同治理的愿景。FERNANDEZ-ALLER等<sup>[36]</sup>指出,欧盟发布的《欧洲数据战略》和《人工智能白皮书》提出了未来5年将重点关注开发“以人为本”的技术,发展公平且有竞争力的数字经济,确保数字技术能够帮助欧洲实现数字化转型。BELOVA<sup>[37]</sup>指出,日本政府已经评估出人工智能在社会和行业发展中的几个优先领域:生产力、健康、医疗、福利和移动性等领域。PETRELLA等<sup>[38]</sup>的研究发现俄罗斯加大了科研开发力度和投资,以培养和吸引优秀人才、创建和更新政府公共数据存储平台。在公共管理领域中,人工智能技术集中在改变基本公共服务供给模式和质量,精准感知、预测、预警基础设施和社会安全运行的重大态势等领域<sup>[39]</sup>。在国家治理领域,应聚焦于增强国家信息能力、国家政策能力和国家组织能力<sup>[40]</sup>。在智慧城市治理领域,应集中力量实现基础设施云化、全触点数字化、业务在线化和数据运营化,实现扁平沟通的互动,从而有效输出科学决策<sup>[41]</sup>。在风险处理和预防领域,应打破行政壁垒,实现政府结构的扁平化、风险治理信息的精准

化、政治过程的及时化,达到提升政府急时行政能力、有效应对重大社会风险的目的<sup>[42]</sup>。在经济领域,工业互联网将机器、设备组、设施与“传感器+大数据”形成系统网络,从而产生“信息化学反应”<sup>[43]</sup>。

**2.1.3 智能社会协同治理的挑战与局限** 智能社会协同治理的挑战与局限主要体现在三方面:(1)如何建设智慧化、人性化的社会架构。在智能化的语境下,对智能社会治理的理解将变得更加复杂。智能社会的迅速发展必然会引发社会关系和结构的变化,产生新的社会控制形式。在社会制度的变革中,如何确保计算技术、人工智能参与决策的社会架构的智慧化、人性化是亟待解决的问题。(2)社会价值体系如何规范智能的创新与应用。以人工智能为代表的智能科技的应用,必将带来对人类社会认知价值的挑战,由此引发的信息安全与隐私保护、算法歧视与社会公正、智能武器与社会和平等诸多议题将挑战“自由、和平、发展、公平、公正”等道德观。社会价值体系如何约束智能化,如何使用以人为中心的计算、协同计算技术,从伦理、法律的角度约束和引导智能化也是不小的挑战。(3)智能社会协同治理下的目标一致性、信息沟通对称性等面临着挑战。协同治理将具有不同目标的参与者聚合到一起,依据各自目标在同一框架内开展活动,但各方固有的竞争性以及价值理念的差异性使得目标难以达成一致<sup>[44]</sup>。

## 2.2 智能社会建模

智能社会建模是一个需要深度融合多个学科的科学方法:利用计算机构建虚拟智能社会系统及其内部的主体,并探究主体之间的互动规则以及主体之间通过互动演化得到的特定的行为模式,从而为智能社会治理提供理论基础。

**2.2.1 要素建模方法** 对个体、人群和车辆等社会要素进行模拟,研究智能社会中不同实体要素的构建方法,挖掘各种实体要素中的信息和特征,应用于智能社会模拟。

(1)模型驱动的建模方法。以数学、物理学等为基础,根据群体的行为规则建立模型,从原理上实现了对智能社会中各要素的建模。具体分为:①动力学模型。该模型将群体看作连续的介质,以群体密度、速度等宏观量来刻画群体的宏观社会行为。如:NARAIN等<sup>[45]</sup>将行人视为离散个体和连续整体的统一体,当人群密度较高时,将人群描述为用流速和密度表示的连续流体;TREUILLE等<sup>[46]</sup>提供了基

于连续动力学的实时人群模拟,并引入了Bdiscomfort场,以防止个体陷入局部最优。②物理学模型。该模型揭示了智能社会中的各个要素的物理学原理,是一种构建群体内部时空特性的物理学模型。如:MORINI等<sup>[47]</sup>提出了一种可伸缩的运动规划方法,实现碰撞避免;DONIEC等<sup>[48]</sup>提出了一个基于多智能体行为模型模拟驾驶员局部行为产生的交通现象的交通模拟方法。③心理学模型。该模型利用智能体的心理、特征和情绪等因素进行分析建模。如:ORTONY等<sup>[49]</sup>建立OCC情绪理论,从人工智能角度对人类情绪的产生过程进行了建模;MAO等<sup>[50]</sup>采用个性模型和OCC情绪模型,提出了一种基于情绪的多样性行为模型。④经济学模型。该模型探讨了实体要素的经济学因素和其所处环境的互动关系。如:AHMAD等<sup>[51]</sup>将博弈论用于人群仿真模型;NAVRÁTILOVÁ和LEHET<sup>[52]</sup>论述了一种以实时停车价格调整为原则的动态街道停车控制算法的设计。

(2)数据驱动的建模方法。该类方法主要是捕获实体要素的行为数据,并从中探索、挖掘行为规则、数据特征等,对各种要素的复杂行为进行建模。如:LÜ等<sup>[53]</sup>使用基于Agent的建模,扩展了伊辛(Ising)模型,以探索个体的行为和生命周期的进化机制;YAO等<sup>[54]</sup>提出了一个基于强化学习的数据驱动人群疏散框架,提升了人群疏散仿真结果的真实性;LU等<sup>[55]</sup>提出了一种多目标工作者选择方法,以实现期望的权衡,并基于增强差分进化算法设计了一种优化机制,以确保数据完整性和搜索解的最优性;MENG等<sup>[56]</sup>围绕互联网页面信息治理进行了深入研究,提出了一种Web网页包装生成器(SG-WRAP),该生成器使用数据库、互联网内容进行查询和分析,能从HTML源文件中将原始数据转换为易于使用的结构化数据,建立了网页结构和语义之间的映射;BUHAN等<sup>[57]</sup>在实体社会治理方面,围绕风力发电场景进行风力预测,将高斯过程(GP)与数值天气预报(NWP)相结合,校正风速和功率输出之间的关系,实现风电预测。众包社区和标注者已经为大量视觉和语言任务提供了数据标注,但众包标注的质量往往有限。提升众包标注质量的方法之一是对众包平台和众包任务进行治理,如:CHEN等<sup>[58]</sup>提出了一种结构化概率模型(SpeeLFC),该模型结合了群组层参数的概率公理约束,允许显式建模注释器可靠性;CHEN等<sup>[59]</sup>提出一种从众包标记数据中训练鲁棒分类器的方法(A-LFC),从训练中

获得高质量的分类器。

**2.2.2 要素间建模方法** 主要通过模拟生物启发的多智能体系统,建模智能社会中的多个实体要素之间的交互通信和协调合作问题,从而高效地解决智能社会中的各种实际问题。多智能体系统描述了多个分布式实体,多智能体之间的通信问题一直是研究的关键,这项研究已经进行了50多年。DAS等<sup>[60]</sup>提出了一种用于多智能体强化学习的有针对性的通信架构,该架构允许代理之间通过发送者-接收者软注意机制和多轮协作推理进行有针对性的持续通信。近几年,深度强化学习在多智能体系统中取得了重大进展。多智能体强化学习算法可以用于处理由多个智能体组成的系统,如HERNANDEZ-LEAL等<sup>[61]</sup>探讨了异步 Actor-Critic 方法,即如何通过代理建模进行扩展,并提出了2种架构来执行智能体建模。针对处理多智能体系统中多个代理的并发学习导致的非平稳性问题,PALMER等<sup>[62]</sup>提出了 Lenient-DQN (LDQN)方法,该方法应用具有衰减温度值的 Leniency 来调整从经验回放内存中采样的策略更新;YU等<sup>[63]</sup>提出了基于时空移动情景的参与者感知能力发现与评估理论,为城市治理异质化感知任务进行高效适配;GUO等<sup>[64]</sup>从技术角度回顾了社交媒体虚假信息检测(FID)的发展,基于群体智能的方法检测基于聚合用户意见、猜测和证据的虚假信息。在物联网领域,各种 IoT 设备扩展了人类感知世界和与世界交互的方式,通过知识增强的生成性对抗网络(GAN)框架生成大规模物联网流量,捕获时序关系<sup>[65]</sup>。

## 2.3 协同治理技术

协同治理理论(Collaborative Governance)的目的是协调和整合不同主体,不断提升资源效率,探索新的组织方式,最终满足治理需求。该理论虽仅提出10余年,但已深刻影响西方各国的治理实践。

**2.3.1 协同治理主流理论** 20世纪70年代,HAKEN创立了协同理论,将其定义为一门在普遍规律支配下的有序自组织集体行为的科学,即通过内部各要素或子系统的协同,自发形成在时空和功能上的有序结构<sup>[66]</sup>。HAKEN认为协同效应的形成可以使用序参量、涨落、役使3个原理来刻画系统从混沌中产生某种稳定结构的整个过程;并认为虽然人类社会和自然界存在时间及空间不同跨度的各式系统,其结构千差万别,本质属性、内在属性也有所不同,但整个系统内部、各子系统及各要素之间均存在联系、竞争、合作等相互作用<sup>[67]</sup>。鞠京芮等<sup>[68]</sup>基于社

会技术系统理论(Socio-Technical System Theory),认为社会系统和技术系统是相互依赖的,二者的联合作用和优化推动了组织的有效变革。苏竣<sup>[69]</sup>认为,智能社会存在综合性技术风险、超级互联网平台垄断导致的市场风险、“信息茧房”引发群体极化及撕裂导致的社会风险、新兴技术冲击带来的认知风险。谢君泽<sup>[70]</sup>提出智能社会治理主要是利用前沿的技术方法,使用算法模型进行实时计算,并根据计算结果来判断行为和规则的匹配度。吕鹏<sup>[71,10]</sup>提出了 SAPARFO 模式,认为智能社会治理是现实社会治理到全息社会治理的形态演化过程。陈思<sup>[72]</sup>提出在人类社会向智能化发展的过程中,技术异化带来了政治态度分化、治理盲区、公共话语去价值化等多重治理困境。杨述明<sup>[43]</sup>提出要提升政府治理应对智能社会的能力,首先必须认识智能社会运行规律,掌握社会特征,要明确与智能社会相适应的政府治理能力结构。王磊<sup>[73]</sup>发现了参差赋权的基本形态,认为非均衡性扩张可能会导致社会遭受“技术利维坦”“信息茧房”“公民离散”“技术鸿沟”叠加的社会风险。赵晶旭等<sup>[74]</sup>从契约理论的视角分析了3类风险:技术风险、社会风险和管理风险,并提出了人工智能风险的契约化治理机制和保障制度。还有部分学者<sup>[75-77]</sup>论述了智能社会治理所带来的技术安全风险、社会治理风险和伦理道德风险。

**2.3.2 组织与调控技术** 智能社会中的人、机、物需要将自身的演化信息传播到整个社会,组织者、管理者也需要获取社会个体信息。因此,社会内部的个体之间需要频繁进行信息交流、交互。在此场景下,个体必须具备不同的功能,不同的个体能够解决与之匹配的任务,最终通过协同技术来完成复杂治理任务。研究者需要关注异构群体结构、复杂网络结构,构建智能社会组织架构,实现治理。

(1)智能社会群体拓扑。传统演化算法将所有个体视为相同组织,群体内部可以无差别地共享信息。但这导致系统内信息交互过于迅速,模型存在早熟收敛问题,如优化问题中,社会群体极易被部分精英个体带入局部最优区域。目前已有的智能社会拓扑结构的模型大致分为粗粒度的分布式模型和细粒度的元胞模型。其中,粗粒度的分布式模型称为孤岛模型或多种群模型。在该类模型中,群体被划分为若干子群体。子群体通过个体迁移和协同来共享信息,保证种群多样性<sup>[78]</sup>。细粒度的元胞模型也称为扩散模型,可用于对社会群体的仿真模拟。社会群体分布在一个网格中,个体具有唯一的坐标,元

胞个体只能与其邻域个体产生信息交互,且从邻域到邻域的信息扩散较为缓慢。该类模型下的群体早熟的风险较低,可较好保持群体多样性。代表性的元胞模型有环状拓扑、冯诺依曼拓扑、随机拓扑和星状拓扑等。

(2) 基于复杂网络的智能社会拓扑。复杂网络为智能社会中多智能体互动提供了多样化选择。个体可被视为节点,个体之间的通信被视为边,整个种群则构成网络化系统<sup>[79]</sup>。基于复杂网络的智能社会拓扑研究可分为 2 类:一是基于复杂网络结构的拓扑研究;将复杂网络结构引入智能社会结构设计中,作为通信和交互的基础。如:KIRLEY 和 STEWART<sup>[80]</sup>尝试使用规则网络、小世界网络、无标度网络和随机网络等,解决扩展多目标优化问题。总体而言,早期的基于复杂网络拓扑结构的社会结构设计算法过于侧重种群结构设计,忽略了空间特性,对算法性能的提升有限<sup>[81]</sup>。二是基于复杂网络特性的研究:通过相关指标筛选邻居节点,构建新网络。如以节点重要性选出精英个体、淘汰最差个体;改变邻居密度来增强小生境演化算法;利用节点局部信息,在替换最差节点的同时通过连锁反应替换邻居节点,从而改进群体局部生态等<sup>[82]</sup>。这些成果表明,参考复杂网络特性比直接引入拓扑结构设计更具研究潜力。随着深度学习的发展,社交媒体、在线社区的监管方式也发生了变化。学者们针对分布式协同治理、群智在线社区治理进行了系统性研究:利用分布式协同技术,对 Web 和移动环境下的大规模协同工作治理提出了高效和高可用的解决方案,包括对区块链的群智协同治理,如可扩展性提升、账本结构与验证方案优化<sup>[83]</sup>、激励机制与智能合约框架<sup>[84]</sup>等。

2.3.3 协同决策技术 面对日益复杂的智能社会协同治理问题,传统的单一式决策框架难以满足动态、开放的现实环境要求。学者们从组织方式、决策过程进行研究,推动社会治理从集中式决策逐步转向在动态、开放环境中的协同式决策。协同决策技术大致分为两部分:

(1) 全局优化与决策。针对单目标优化问题,相关算法多关注如何利用群体信息指导最佳搜索方向,用于智能社会最佳决策搜索。如:ZHAN 等<sup>[85]</sup>提出了自适应粒子群算法(APSO),利用自适应调整演化算法的各项参数,在不同搜索区域、演化状态下均能调整到合适的参数控制;CHEN 等<sup>[86]</sup>在粒子群算法中加入寿命机制,发掘有潜力的精英个体,并

赋予更多引导种群的机会;陈伟能团队长期围绕粒子群优化算法(PSO)<sup>[87]</sup>和大规模分布式群体智能方法<sup>[88]</sup>开展研究,旨在超空间中搜索全局最优解。这些优化算法已经应用在网络治理、计算资源分配问题中,如:CHEN 等<sup>[89]</sup>提出将蚁群优化算法应用于社交媒体信息传播建模,采用阻塞部分节点的方式控制不良信息的快速、广泛传播;JIA 等<sup>[90]</sup>提出了一种具有自适应计算资源分配的两层分布式 CC(dCC)体系结构,可用于大规模复杂问题的优化。

(2) 协同演化与决策。全局优化研究多以集中式决策的思想指导优化算法设计。但随着数据规模增大,社会治理问题日益复杂,需要结合去中心化的分布式思想,研究可以与分布式框架融合的群体协作方法。协同演化(Cooperative Coevolution)基于“分而治之”思想,将大规模复杂优化问题解耦成多个子问题。子问题求解具有相对独立性,解耦时需尽量弱化子问题之间的关联性,保持各自内部的相对完整性<sup>[91]</sup>。针对解耦策略,有较多研究成果。如:CHEN 等<sup>[92]</sup>利用随机采样和扰动方法,实验性地分析元素间的关联性;YANG 等<sup>[93]</sup>提出了多级协同演化框架,采用随机动态分组策略将目标向量划分为多个低维的子问题,联合其他相关子问题的信息综合评估当前子问题的优化状态。

协同演化在人类群体决策中也起到重要作用。如在管理科学中,羊群效应是一个影响团队绩效的问题<sup>[94]</sup>。团体往往需要综合每个成员的不同知识、观点,得到更好的决策。如:ASKAY 等<sup>[95]</sup>描述了一种基于蜜蜂群体决策的新型协同智能技术(Swarm AI),使得人类群体更有效地利用每个成员的综合意见;GUNASEKARAN 等<sup>[96]</sup>提出任何有限理性的主体意识到自身的局限性后都会依赖同龄人,共同达到比孤立个体更高的理性程度。

## 2.4 智能社会协同治理评估技术与方法

随着大量基于人工智能的治理技术被应用,对智能社会协同治理的模型、技术、效果和影响等的评估也逐渐受到学者们的关注。传统的计算模型大多以数据驱动,存在 2 个缺陷:一是治理模型和技术缺乏与利益相关者(用户)的互动;二是治理模型的推断和决策依赖于历史的人类判断,没有捕捉和融合人类改善未来状态的洞察力,模型训练时会学习到数据中人类不合理的判断,如有偏见的、不利于少数群体的决策。基于此,学者们提出了一系列设计原则,将评估技术与方法贯穿于治理模型和技术的设计与应用中。具体包括:



(1)以用户为中心的设计原则。研究和设计治理模型时,不仅要考虑技术细节,更要考虑人类因素、人工智能等方面。如:VREDENBURG等<sup>[97]</sup>调研了在网络社区环境下,需要用户积极参与才能明确用户和任务需求,进而迭代设计和评估;CHIANELLA等<sup>[98]</sup>利用多模态数据,结合定性、定量方法设计了一个健康追踪交互原型,在受控环境下与16个最终用户测试原型;MAO等<sup>[99]</sup>证明了以用户为中心的设计原则已被应用于ISO标准(ISO 13407)中,这种设计模式已被各种规模的公司用于技术研发和执行管理。

(2)价值敏感设计。该设计由三部分组成,包括迭代应用的概念、经验和技术调查,旨在防止决策中的偏见或在重要用户价值方面的妥协<sup>[100]</sup>。ZIMMERMAN等<sup>[101]</sup>认为,研究人员应从实证分析、人类行为模型和理论中获得“真正的知识”,利用最新技术来构想新的系统和技术,并生成可重用的知识。ZHU等<sup>[102]</sup>在算法早期阶段结合了利益相关者的隐性知识和明确反馈,为减小偏见的社会决策算法设计提供了思路。

(3)参与式设计。允许利益相关者、设计师、研究人员和最终用户参与设计,以确保最终产品满足其预期需求,是一种相对较新的产品设计方法。如:BECH-PETERSEN等<sup>[103]</sup>探讨了参与式设计原则和在改善GLAM(画廊、图书馆、档案馆、博物馆)公共机构提供的技术和服务过程中的效用,帮助有经验、有兴趣者参与GLAM组织的实践工作;BØDKER和KYNG<sup>[104]</sup>讨论了如何通过参与式设计,维护持久的用户伙伴合作关系,为不同组织间的合作提供了实现方案。

智能社会协同治理评估方法既需要通过基本的要素和评价体系来衡量协同治理的效果,也需要通过参与式评估来吸纳智能社会中人类角色的体验和评价。如:SHI等<sup>[105]</sup>基于城市系统理论,建立了智能城市发展的PSF评价模型,包括以人为本、城市系统和资源流三部分,同时基于中国151个城市的智能发展水平评估,验证了AHP-ELM(Extreme Learning Machine)是最优评价模型;DUAN等<sup>[106]</sup>以旬邑县三水河流域为研究区,对流域生态功能区、生态廊道和农村居民区进行综合分析,利用多维数据进行智能城市生态敏感度评估与服务价值计算;CASTANHO等<sup>[107]</sup>整合认知映射和Choquet积分,开发了一个智能城市评估系统(Smart-C),根据城市的发展程度来区分城市等级。针对分布式协同治

理、群智在线社区治理,已有研究采取参与式的评估方法。如:XU等<sup>[108]</sup>提出了区块链Wiki框架,通过迭代式的参与式评估,让利益相关者不断反馈设计原型中存在的问题,最终确定框架的实现方案;YU等<sup>[109]</sup>实现了基于Web的白板界面,用于在分布式会议中分享观点;张红春<sup>[110]</sup>认为,要从政府绩效生成的外部复杂性的环境维度、政府绩效生成的主体复杂性的结构维度、政府绩效生成的目标复杂性的功能维度等来评价人工智能对于协同管理的效果和质量。

## 2.5 智能社会协同治理代表性应用

智能社会协同治理受益于智能社会中“人、机、物”之间的信号传播、信息交流和环境选择等因素,在解决传统优化问题、决策问题中具有天然的优势。经过多年的发展,智能社会协同治理不断改进和完善,已广泛运用于社会生活、工业生产等领域。

### 2.5.1 城市治理

应用协同治理技术可以提高城市生产效率和生活质量,增强应对冲击的响应能力和复原能力。如:JOSHI等<sup>[111]</sup>认为智慧城市协同治理是一个可以监控、集成所有关键基础设施功能的治理范式(道路、隧道、航空、水路、铁路、通信和电源等);KIM等<sup>[112]</sup>探讨了“平台管理”(采用数字化平台提供公共服务)在智能时代的效用,认为云计算、大数据分析、社交媒体、移动计算、物联网和人工智能等集成技术正在重塑政府和公共行政提供的形式与方法,国家的数字化正在进入一个新时代;CEDILLO-ELIAS<sup>[113]</sup>通过SDN网络测量私有云基础设施中互联公民的流动,并以集成方式设置了私有云平台,提出了物联网设备上的动态网络带宽自适应、安全层、互操作性;WILLIAMSON<sup>[114]</sup>开发了一个数据基础设施,该设施结合了网络组织、软件、标准、数据分析和可视化;庄越挺<sup>[115]</sup>构建了城市治理数字驾驶舱,实现了城市运行数据的时空实时展示、支撑管理指挥调度、城市应急管理、智能决策分析等需求;张正清<sup>[116]</sup>强调以安全为导向来分割人工智能的赋能范围,以自主创新为标准来衡量人工智能赋能的实践;邹济等<sup>[117]</sup>分析了创业孵化领域知识共享过程,提出了“三阶段”模型,提炼了知识共享治理机制。

### 2.5.2 生态环境治理

目前的研究主要集中于智能协作方式在可持续性发展和环境治理上的变迁和规律。如:MARGERUM等<sup>[118]</sup>提出了环境治理演化中的未来议程,如政治和环境治理研究、社区和公众角色的研究、个人参与者角色的研究、环境复杂性研

究等;BELL 和 OLIVIER<sup>[119]</sup>发现随着时间的推移,协作过程中的各个主体参与流程和产出的性质也会发生变化,利用智能社会协同治理技术探索生态治理模式,打造生态环境数字化治理体系是社会治理的重要方面;MONTORI 等<sup>[120]</sup>针对环境检测提出了一种智能架构(SenSquare),以非常精细的粒度实现智慧环境监测任务,利用终端用户拥有的设备来提供有价值服务;PATHAK 等<sup>[121]</sup>针对水质控制、监测提出了一种“布谷鸟”搜索算法,可以利用接收到的数据在任何条件下为农业调配水资源,通过为特定土壤选择合适作物、针对性控制水资源来增加滞留水的调配;常方乐等<sup>[122]</sup>以塔克拉玛干沙漠公路及其防沙体系为研究对象,基于计算实验和平行智能理论,提出平行智能风沙防护治理决策支持系统。这些研究为生态环境协同治理提供了方案。

**2.5.3 网络舆情治理** 目前的研究主要集中于社会议题、网络群体变迁及规律。如:UPHAM 等<sup>[123]</sup>发现网络舆情与地理、人口的差异密切相关,参与式使用网络舆情有助于实现数字民主治理;CREEMERS<sup>[124]</sup>分析社会治理中网络舆论制度和监管变化,认为互联网治理逐渐迎来了重构,数字技术位于宣传、舆论和社会控制工作的核心。智能时代下,舆情传播速度加快,传播手段和内容也更加丰富,导致了舆情治理的难度加大。GRÜNDER-FAHRER 等<sup>[125]</sup>基于主题建模的分析方法,进一步研究了舆情主题在时间维度上的发展规律,并应用时间聚类技术自动识别通信的不同特征阶段。NING 等<sup>[126]</sup>提出了一种自动捕获社交媒体上传达的危机相关信息推文的方法,并区分信息来源的类型,以进一步提高公众对现实世界中危机情况的认识。梁正<sup>[127]</sup>构建了内外部利益相关方全景式治理框架,互联网平台赋能公共部门、公共部门赋权互联网平台、第三方组织积极参与和社会公众共同监督的协同共治机制。魏俊斌<sup>[128]</sup>针对治理的异化风险,设计防护(P)、检测(D)和响应(R)3个环节,建构了基于P2DR的网络舆情智能治理的法治保障模型。

### 3 智能社会协同治理的发展趋势与展望

智能社会协作治理在国外发展较早,在协同公共服务、智能城市治理、社会舆情处理和环境治理等方面的研究成果突出。国内起步相对较晚,研究侧重与特点是:(1)物联网汽车数据治理。我国“车联网”数据治理须顾及个人信息保护、数字市场发展

和国家安全三方面利益。利用区块链技术、流量检测技术和国密技术等进行数据治理方面,还亟待提出具有指导性和实操性的数据治理方案。(2)公共卫生事件治理。以疫情为背景,涉及病区管理、流行病学调查、药物研发、辅助医疗诊断和社区防控方面,国内研究聚焦流行病模型,提出了公平的、低社会成本的疫苗分发策略、健康风险预测模型、人口特征和流动行为模型等。(3)智能社会协同治理框架。面向社会治理复杂系统的多层次、多组分和多元异构特征,开展融合三元空间的社会治理复杂系统体系框架研究,形成系统化的社会治理框架。(4)智能社会协同治理平台。国内仍缺乏具有国际影响力的大型智能社会协同治理平台,国内学者应基于学科交叉,把握互联网、云计算和人工智能等技术的进步趋势,发展融合多方面、多角度的智能化协同治理新技术;面向国家发展的需求、社会进步的趋势、人们生产生活的要求,构建开发高适应性、大规模的智能社会协同治理平台。

#### 3.1 发展趋势:一致性规律和差异性分析

**3.1.1 一致性规律** (1)以人为中心的福利普遍化。使用人工智能手段,核心是服务人民、提高人民福祉和生活质量、改善人民的生活。智能治理推动社会治理重心下移,提升获得感、满足感、幸福感、尊严感和价值感。(2)协同治理的效率。传统治理模式以项目为中心、部门为主体、单一职能为主导,导致治理分散化、区域化和碎片化。国内外的协同治理都致力于依托平台的标准化及模块化的移动设备、物联网设备和云数据基座,去重构和优化协作机制、行动流程、权力关系,从而增进协同治理效率。(3)全局最优的目标追求。小数据时代只能进行局部改进,而人工智能时代将以实现全局最优为评价标准。智能平台接收个体或类个体对空间属性发出的指令,并进行运算与结果可视化,合理调配公共资源投入分配权重,进行全局最优化。(4)共同体是国内外的共同关注。国内外研究在智能社会协同治理中深入践行共同体理念,基于有效性边界提高社会全要素生产率,基于合法性边界管制越轨行为,基于安全性边界实现社会稳健运行和可持续发展。

**3.1.2 差异性分析** (1)伦理价值差异。智能社会协同治理逐步嵌入经济社会生活,其催生的伦理风险危机,如失业难题、算法歧视、隐私侵犯和极端主义等,都需要将人工智能技术置于伦理层面予以诠释。相对而言,国外学者对数据隐私、知情同意、数据共享、数据审计和算法偏差方面进行了相应的研

究,制定出 AI 道德规范和机器伦理规范,探索应用方案,以规避相应的社会问题。而国内学者也关注了“心智边界”、人机规范等问题,但对种族歧视、性别歧视等问题关注较少,缺乏现实应用。(2)治理理念差异:存在自上而下的政府主导为主和自下而上的主体协同为主的治理理念差异。总结国内外治理理念,智能社会协同治理应遵循 2 个逻辑:一是牢固确立平衡“秩序与活力”的总目标,不只是“自上而下”或“自下而上”,而是“双向塑造”;二是推行大规模、全要素社会模拟。

### 3.2 挑战与机遇:智能社会协同治理的理论、技术与制度的多维发展

3.2.1 构建统一智能社会协同治理理论与技术发展体系 现有的智能社会协同治理模型往往针对具体的单一系统、具体的场景应用来构造和刻画,尚缺乏统一的治理理论模型来解决社会成员、运行规律、社会机构、治理模式、政策制定和伦理规范等重大系统性问题。如何构造通用的模型,充分调动各类智慧、技术、资源形成的有机整合的治理模式,仍亟须解决。

3.2.2 促进智能社会协同治理模型与方法创新 现有智能社会治理研究往往都从单一的角度展开,或聚焦于数据采集存储的智能整合系统,或聚焦于全息社会的智能平台系统,或聚焦于算法驱动的智能决策系统。这些模型和方法各有优势,但缺乏联系。随着智能社会治理理论的发展,将理论与模型相结合,从而开展综合多个视角进行的智能社会协同治理模型和方法研究,将有助于取长补短,例如可通过数据采集存储的智能整合系统和算法驱动的智能决策系统的协同来完善全息社会的智能平台系统,从而促进智能社会协同治理的模型和方法创新。

3.2.3 探索智能社会协同治理制度与政策体系 智能社会协同治理基于 6 类基本协同关系来发展智能社会协同治理制度与政策体系:(1)人与人的协同关系,遵循“和谐相处,协作互助”原则;(2)物与物的协同关系,遵循“整体协同,效应最大”原则;(3)机与机的协同关系,遵循“生命周期,群体智能”原则;(4)人与物的协同关系,遵循“人保护物,物支撑人”原则;(5)人与机的协同关系,遵循“人保护机,机服务人”原则;(6)机与物的协同关系,遵循“机嵌入物,物制约机”原则。需防止机器过度嵌入个体与社会,出现社会异化。同时应坚持“传统-智能”双模备份,确保智能社会失效时,社会仍然有效运转。

### 3.2.4 发展智能社会协同治理的虚实融生新技术

以 Web3.0、NFT、DOA 和元宇宙等为技术特征的虚实融生环境,极大地延伸、拓展和增强了人类认知活动的广度和深度,亟待涵盖治理对象、治理广度、治理深度、治理方式、治理成效和治理评估的全新治理理论与方法。同时,构建虚实融生社会身份体系,对映射、转化、画像、识别、检测、演化与管理等进行多元治理主体的责任精准定义、精细划分与深度关联,识别人机协同交互下个体与群体认知异化与行为异化。另外,探索社会协同及公众参与的社会治理多主体分布式协同体系原理和方法、面向社会治理大数据及人机协同的可信共享技术、一致性维护和控制的体系、以人为中心的面向多主体期望价值目标的治理行为“建模—预测—模拟—推演”的过程体系。

### 3.3 发展与展望:智能社会协同治理的目标、战略与决策的多元融合

3.3.1 重视以人为中心的人机物的协同关系建设 研究智能社会协同治理应关注以人为中心的人机物协同关系。随着一系列算法与载体大规模社会化应用,人、机、物关系呈现“高度耦合”特征。智能社会发展的必然趋势是最终实现人、机、物高度协同与统一,这在人类社会发展史上无疑具有革命性意义。

3.3.2 实现智能社会协同治理全局最优 智能协同治理记录所有智能体的数据与行为,形成“数据—行为”的边界协同治理。一方面,智能社会协同治理通过溯源每一个智能体的数据、行为,能够从根本上设计出激励个体进步、促进社会发展的方案,助力实现社会全局最优的伟大设想,根除“搭便车”等社会困境。另一方面,发展“共建共治共享”的社会治理体系与关键技术,覆盖多样化治理主体、多种治理角色和多级治理组织,发展主动参与式的智能社会治理体系,形成多源、异构和跨模态、跨空间的海量动态社会时空大数据的关联、汇聚、融合方法,完成全息图谱一体化建模,从而实现智能社会协同治理全局最优。

3.3.3 开展智能社会协同治理模式探索 主要目标为:率先完成智能协同治理转型,输出全息社会、算法推演、智能治理、全局优化和人类福祉提升等协同行动标准,占领人类发展制高点,主导新一轮社会关系与社会属性的话语权、阐释权。

## 4 结束语

智能社会是不可逆的全球性趋势,人机物文

明模态将重塑国家治理模式。因此,围绕核心治理模式——智能社会协同治理,将开启新一轮全球大国竞争序幕。赓续沃勒斯坦“世界体系理论”,未来世界将划分出农业化国家、工业化国家、智能化国家等“核心-边缘”类别,在智能社会时代实现“善治”是一个紧迫问题。本文从人类发展历史与核心社会特征演化趋势的宏大视角,系统梳理智能社会协同治理相关研究的起源、发展、方法、脉络、现状和趋势,具有必要性、时代性。在协同治理理念指导之下,智能社会治理将具有更大的灵活性、协同性和智能性。

### 参考文献:

- [1] 孙伟平. 马克思主义唯物史观视域中的“智能社会”[J]. 哲学分析,2020,11(6):4-16;190.  
SUN W P. Intelligent society from the perspective of marxist historical materialism [J]. Philosophical Analysis,2020,11(6):4-16;190.
- [2] 孟凡坤,吴湘玲. 重新审视“智慧城市”:三个基本研究问题——基于英文文献系统性综述[J]. 公共管理与政策评论,2022,11(2):148-168.  
MENG F K,WU X L. Revisiting “Smart City”:three basic research questions——based on a systematic review of English literature [J]. Public Administration and Policy Review,2022,11(2):148-168.
- [3] 刘锋. 城市大脑的起源、发展与未来趋势[J]. 人民论坛·学术前沿,2021(9):82-95.  
LIU F. The origin, development and future trend of city brain [J]. Frontiers,2021(9):82-95.
- [4] 高奇琦. 智能革命与国家治理现代化初探[J]. 中国社会科学,2020(7):81-102;205-206.  
GAO Q Q. A preliminary study of the intelligence revolution and national governance modernization [J]. Social Sciences in China,2020(7):81-102;205-206.
- [5] 邱德胜,沈冬香. 基于智能时代的科学划界标准新探[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2021,23(1):17-23;105.  
QIU D S,SHEN D X. Study on the demarcation standard of science in the intelligent era [J]. Journal of Hohai University (Philosophy and Social Sciences),2021,23(1):17-23;105.
- [6] 郑丁灏. 论中国金融数据的协同治理[J]. 经济学家,2022(12):76-85.  
ZHENG D H. Research on the collaborative governance of financial data in China [J]. Economist,2022(12):76-85.
- [7] 王小芳,王磊. “技术利维坦”:人工智能嵌入社会治理的潜在风险与政府应对[J]. 电子政务,2019(5):86-93.
- [8] 张丙宣. 技术治理的两副面孔[J]. 自然辩证法研究,2017(9):27-32.  
ZHANG B X. Two faces of technocracy [J]. Studies in Dialectics of Nature,2017(9):27-32.
- [9] 伏志强,孙伟平. 科技向“善”:人工智能发展的价值遵循[J]. 甘肃社会科学,2021(2):97-103.
- [10] 吕鹏. 人工智能参与社会治理的系统化推进模式[J]. 社会治理,2020(9):44-49.
- [11] 兰静,刘文超,姜浩,等. 基于 SCILAB 的多精度算法研究与实现[J]. 计算机工程与科学,2020,42(11):1949-1955.  
LAN J,LIU W C,JIANG H, et al. Research and implementation of multi-precision algorithm based on SCILAB [J]. Computer Engineering & Science,2020,42(11):1949-1955.
- [12] 施巍松,孙辉,曹杰,等. 边缘计算:万物互联时代新型计算模型[J]. 计算机研究与发展,2017,54(5):907-924.  
SHI W S,SUN H,CHAO J, et al. Edge computing—an emerging computing model for the internet of everything era [J]. Journal of Computer Research and Development,2017,54(5):907-924.
- [13] 陈海明,崔莉,谢开斌. 物联网体系结构与实现方法的比较研究[J]. 计算机学报,2013,36(1):168-188.  
CHEN H M,CUI L,XIE K B. A comparative study on architectures and implementation methodologies of internet of things [J]. Chinese Journal of Computers,2013,36(1):168-188.
- [14] 李万彬. 云计算技术发展分析及其应用探究[J]. 现代工业经济和信息化,2020,10(11):98-99.  
LI W B. Cloud computing technology development analysis and application [J]. Modern Industrial Economy and Informationization,2020,10(11):98-99.
- [15] 毛国君,胡殿军,谢松燕. 基于分布式数据流的大数据分类模型和算法[J]. 计算机学报,2017,40(1):161-175.  
MAO G J,HU D J,XIE S Y. Models and algorithms for classifying big data based on distributed data streams [J]. Chinese Journal of Computers,2017,40(1):161-175.
- [16] 钱文君,沈晴霓,吴鹏飞,等. 大数据计算环境下的隐私保护技术研究进展[J]. 计算机学报,2022,45(4):669-701.  
QIAN W J,SHEN Q N,WU P F, et al. Research progress on privacy-preserving techniques in big data computing environment [J]. Chinese Journal of Computers,2022,45(4):669-701.
- [17] 冯朝胜,秦志光,袁丁. 云数据安全存储技术[J]. 计算机学报,2015,38(1):150-163.  
FENG C S,QIN Z G,YUAN D. Techniques of secure

- storage for cloud data[J]. Chinese Journal of Computers, 2015, 38(1): 150-163.
- [18] 王国胤,傅顺,杨洁,等. 基于多粒度认知的智能计算研究[J]. 计算机学报, 2022, 45(6): 1161-1175.  
WANG G Y, FU S, YANG J, et al. A review of research on multi-granularity cognition based intelligent computing [J]. Chinese Journal of Computers, 2022, 45(6): 1161-1175.
- [19] 曾毅,张倩,赵菲菲,等. 从认知脑的计算模拟到类脑人工智能[J]. 人工智能, 2022(6): 28-40.
- [20] 逯绍锋,胡玉龙,逯跃锋. 保护隐私的集合相似性度量协同计算协议[J]. 计算机技术与发展, 2023, 33(1): 137-143.  
LU S F, HU Y L, LU Y F. Privacy preserving set similarity measurement collaborative computing protocol [J]. Computer Technology and Development, 2023, 33(1): 137-143.
- [21] 华中生,魏江,周伟华,等. 网络环境下服务科学与创新管理研究展望[J]. 中国管理科学, 2018, 26(2): 186-196.  
HUA Z S, WEI J, ZHOU W H, et al. Service sciences and innovations related research issues in network environment [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(2): 186-196.
- [22] 王海涛,宋丽华,向婷婷,等. 人工智能发展的新方向——人机物三元融合智能[J]. 计算机科学, 2020, 47(S2): 1-5; 22.  
WANG H T, SONG L H, XIANG T T, et al. New development direction of artificial intelligence - human cyber physical ternary fusion intelligence [J]. Computer Science, 2020, 47(S2): 1-5; 22.
- [23] WOOLDRIDGE M. An introduction to multi agent systems [M]. Chichester: John Wiley and Sons, 2002.
- [24] 肖婉,季一木,刘尚东,等. 传感数据应用于学习分析的研究综述[J]. 现代教育技术, 2022, 32(4): 31-39.  
XIAO W, JI Y M, LIU S D, et al. A research review of the application of sensor data in learning analysis [J]. Modern Educational Technology, 2022, 32(4): 31-39.
- [25] 陈响. 责任伦理视角下数字时代机器人养老服务治理[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2022, 75(4): 173-184.  
CHEN X. Carebots' services governance in the digital era: a study based on the ethics of responsibility [J]. Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science), 2022, 75(4): 173-184.
- [26] 赵林,吴双,徐健,等. 基于数字孪生的物流装备并行设计与实现[J]. 制造业自动化, 2022, 44(6): 116-119; 138.  
ZHAO L, WU S, XU J, et al. Parallel design and implementation of logistics equipment based on digital twin [J]. Manufacturing Automation, 2022, 44(6): 116-119; 138.
- [27] BUNZ M, JANCIUTE L. Artificial intelligence and the internet of things: UK policy opportunities and challenges [M]. London: University of Westminster Press, 2018.
- [28] VAN ROY V. AI watch - national strategies on artificial intelligence: a European perspective in 2019 [R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.
- [29] DIRKSEN N, TAKAHASHI S. Artificial intelligence in Japan 2020 [M]. Netherlands: Netherlands Enterprise Agency, 2020.
- [30] 苏竣. 开展人工智能社会实验 探索智能社会治理中国道路[J]. 中国行政管理, 2021(12): 21-22.
- [31] 常保国,戚姝. “人工智能+国家治理”: 智能治理模式的内涵建构、生发环境与基本布局[J]. 行政论坛, 2020, 27(2): 19-26.
- [32] 徐辉. 基于“数字孪生”的智慧城市发展建设思路[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(8): 94-99.  
XU H. Developing smart cities based on “digital twin” [J]. Frontiers, 2020(8): 94-99.
- [33] 贾一苇. 全国一体化国家大数据中心体系研究[J]. 电子政务, 2017(6): 31-36.
- [34] 许勇,黄福寿. 人工智能赋能国家治理: 定位、逻辑与实践[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2022, 24(3): 60-66.  
XU Y, HUANG F S. Artificial intelligence enabled national governance: positioning, logic and practice [J]. Journal of Harbin Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2022, 24(3): 60-66.
- [35] CATH C, WACHTER S, MITTELSTADT B, et al. Artificial intelligence and the ‘good society’: the US, EU, and UK approach [J]. Science and Engineering Ethics, 2018, 24(2): 505-528.
- [36] FERNANDEZ-ALLER C, DE VELASCO A F, MANJARRES A, et al. An inclusive and sustainable artificial intelligence strategy for Europe based on human rights [J]. IEEE Technology and Society Magazine, 2021, 40(1): 46-54.
- [37] BELOVA L. Experience of artificial intelligence implementation in Japan [J]. E3S Web of Conferences, 2020, 159: 04035/1-10.
- [38] PETRELLA S, MILLER C, COOPER B. Russia's artificial intelligence strategy: the role of state-owned firms [J]. Orbis, 2021, 65(1): 75-100.
- [39] 代佳欣. 公共治理中的人工智能应用: 一个文献综述[J]. 吉首大学学报(社会科学版), 2021, 42(2): 97-180.  
DAI J X. Artificial intelligence applications in public governance: a literature review [J]. Journal of Jishou University (Social Sciences), 2021, 42(2): 97-180.
- [40] 梅立润. “擅智”与“善智”: 人工智能时代中国国家治

- 理的双重任务[J]. 华东理工大学学报(社会科学版), 2019,34(3):83-92.
- MEI L R. "Good at using AI" and "promote AI to be good": the dual task of China's national governance in the era of AI[J]. Journal of East China University of Science and Technology (Social Science Edition), 2019, 34(3):83-92.
- [41] 沈费伟, 诸靖文. 数据赋能: 数字政府治理的运作机理与创新路径[J]. 政治学研究, 2021(1):104-115;158.
- SHEN F W, ZHU J W. Data empowerment: operation mechanism and innovation path of digital government governance in the era of intelligence[J]. CASS Journal of Political Science, 2021(1):104-115;158.
- [42] 张龙辉, 肖克. 人工智能应用下的特大城市风险治理: 契合、技术变革与路径[J]. 理论月刊, 2020(9):60-72.
- [43] 杨述明. 新时代国家治理现代化的智能社会背景[J]. 江汉论坛, 2018(3):11-23.
- [44] 戴宁. 新型城镇化进程中的协同治理研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2016.
- DAI N. The research on collaborative governance in the process of new urbanization[D]. Changsha: Hunan University, 2016.
- [45] NARAIN R, GOLAS A, CURTIS S, et al. Aggregate dynamics for dense crowd simulation[J]. ACM Transactions on Graphics, 2009, 28(5):1-8.
- [46] TREUILLE A, COOPER S, POPOVIĆ Z. Continuum crowds[J]. ACM Transactions on Graphics, 2006, 25(3):1160-1168.
- [47] MORINI F, YERSIN B, MAÏM J, et al. Real-time scalable motion planning for crowds[C]//Proceedings of the 2007 International Conference on Cyberworlds. Hannover: IEEE, 2007:144-151.
- [48] DONIEC A, MANDIAU R, PIECHOWIAK S, et al. A behavioral multi-agent model for road traffic simulation[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2008, 21(8):1443-1454.
- [49] ORTONY A, CLORE G L, COLLINS A. The cognitive structure of emotions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- [50] MAO Y, LI Z N, LI Y J, et al. Emotion-based diversity crowd behavior simulation in public emergency[J]. The Visual Computer, 2019, 35(12):1725-1739.
- [51] AHMAD I S, SUN S, BOUFAMA B. Agent-based crowd simulation modeling in a gaming environment[C]//Electronic Theses and Dissertations. Rabat: IEEE, 2018:1-6.
- [52] NAVRÁTILOVÁ K, LEHET D. Model implementation of the algorithm for price-based dynamic parking regulation[C]//2022 Smart City Symposium Prague. Prague: IEEE, 2022:1-7.
- [53] LÜ P, ZHANG Z, LI M D. Big data-drive agent-based modeling of online polarized opinions[J]. Complex & Intelligent Systems, 2021, 7(6):3259-3276.
- [54] YAO Z Z, ZHANG G J, LU D J, et al. Data-driven crowd evacuation: a reinforcement learning method[J]. Neurocomputing, 2019, 366:314-327.
- [55] LU Z R, WANG Y J, LI Y S, et al. Data-driven many-objective crowd worker selection for mobile crowdsourcing in industrial IoT[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2023, 19(1):531-540.
- [56] MENG X F, LU H J, WANG H Y, et al. SG-WRAP: a schema-guided wrapper generator[C]//Proceedings of the 18th International Conference on Data Engineering. San Jose: IEEE, 2002:331-332.
- [57] BUHAN S, ÖZKAZANÇ Y, ÇADIRCI I. Wind pattern recognition and reference wind mast data correlations with NWP for improved wind-electric power forecasts[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2016, 12(3):991-1004.
- [58] CHEN Z J, WANG H M, SUN H L, et al. Structured probabilistic end-to-end learning from crowds[C]//Proceedings of the 29th International Joint Conference on Artificial Intelligence. Yokohama: Morgan Kaufmann, 2020:1512-1518.
- [59] CHEN P P, SUN H L, YANG Y Q, et al. Adversarial learning from crowds[C]//Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. Palo Alto: AAAI Press, 2022, 36(5):5304-5312.
- [60] DAS A, GERVET T, ROMOFF J, et al. Tarmac: Targeted multi-agent communication[C]//Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning. New York: PMLR, 2019:1538-1546.
- [61] HERNANDEZ - LEAL P, KARTAL B, TAYLOR M E. Agent modeling as auxiliary task for deep reinforcement learning[C]//Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. Palo Alto: AAAI Press, 2019, 15(1):31-37.
- [62] PALMER G, TUYSLS K, BLOEMBERGEN D, et al. Lenient multi-agent deep reinforcement learning[J]. arXiv, (2018-02-27) [2022-07-31]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.04402>.
- [63] YU Z W, XU H, YANG Z, et al. Personalized travel package with multi-point-of-interest recommendation based on crowdsourced user footprints[J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2015, 46(1):151-158.
- [64] GUO B, DING Y S, YAO L N, et al. The future of false information detection on social media: new perspectives and trends[J]. ACM Computing Surveys, 2020, 53(4):1-36.
- [65] HUI S D, WANG H D, WANG Z H, et al. Knowledge en-

- hanced gan for IoT traffic generation[C]//Proceedings of the ACM Web Conference 2022. New York:ACM,2022; 3336-3346.
- [66] 赫尔曼·哈肯. 高等协同学[M]. 郭治安,译. 北京:科学出版社,1989.
- [67] 郭烁,张光. 基于协同理论的市域社会治理协作模型[J]. 社会科学家,2021(4):133-138.
- [68] 鞠京芮,孟庆国,林彤. 社会技术系统理论视角下城市智能治理变革的要素框架与风险应对——以城市大脑为例[J]. 电子政务,2022(1):66-76.
- [69] 苏竣. 预判人工智能社会风险 建设人文智能社会——关于《探路智慧社会:人工智能赋能社会治理》[J]. 审计观察,2022(5):94-96.
- [70] 谢君泽. 智能社会治理方法论[J]. 汕头大学学报(人文社会科学版),2021,37(8):85-93;96.  
XIE J Z. The methodology of intelligent social governance [J]. Journal of Shantou University (Humanities & Social Sciences Edition), 2021, 37(8):85-93;96.
- [71] 吕鹏. 智能社会治理的核心逻辑与实现路径[J]. 国家治理,2021(42):28-32.
- [72] 陈思. 算法治理:智能社会技术异化的风险及应对[J]. 湖北大学学报(哲学社会科学版),2020,47(1):158-165.
- [73] 王磊. 参差赋权:人工智能技术赋权的基本形态、潜在风险与应对策略[J]. 自然辩证法通讯,2021,43(2):20-31.  
WANG L. Cenci-empowerment; the morphological structure and the risk defense of artificial intelligence [J]. Journal of Dialectics of Nature, 2021, 43(2):20-31.
- [74] 赵晶旭,舒成利,王尧,等. 人工智能风险的契约观及契约化治理机制研究[J]. 科学学研究,2021,39(8):1364-1372.  
ZHAO J X, SHU C L, WANG Y, et al. Artificial intelligence risks and their governance mechanisms;a contractual view [J]. Studies in Science of Science, 2021, 39(8):1364-1372.
- [75] 本青松,彭小兵. 人工智能应用嵌入政府治理:实践、机制与风险架构——以杭州城市大脑为例[J]. 甘肃行政学院学报,2020(3):29-42;125.  
BEN Q S, PENG X B. Government governance embedded in AI applications; practice, mechanism, and risk architecture——a case study of Hangzhou City Brain [J]. Journal of Gansu Administration Institute, 2020(3):29-42;125.
- [76] 孙丽文,李少帅. 人工智能技术产业化创新生态系统风险归因及治理体系研究[J]. 科技进步与对策, 2021,38(17):69-78.  
SUN L W, LI S S. Research on risk attribution and governance system of artificial intelligence technology industrialization innovation ecosystem [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2021, 38(17):69-78.
- [77] 贾开,薛澜. 人工智能伦理问题与安全风险治理的全球比较与中国实践[J]. 公共管理评论,2021,3(1):122-134.  
JIA K, XUE L. Governance of ethical challenges and safety risks of artificial intelligence; global comparisons and practice in China [J]. China Public Administration Review, 2021, 3(1):122-134.
- [78] KENNEDY J, MENDES R. Population structure and particle swarm performance [C] // Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. Honolulu: IEEE, 2002:1671-1676.
- [79] ZELINKA I, DAVENDRA D, ŠENKERŔIK R, et al. Do evolutionary algorithm dynamics create complex network structures? [J]. Complex Systems, 2011, 20(2):127-140.
- [80] KIRLEY M, STEWART R. An analysis of the effects of population structure on scalable multiobjective optimization problems [C] // Proceedings of the 9th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation. New York: ACM, 2007:845-852.
- [81] PAYNE J L, EPPSTEIN M J. Emergent mating topologies in spatially structured genetic algorithms [C] // Proceedings of the 8th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation. New York: ACM, 2006:207-214.
- [82] TINŔS R, YANG S X. A self-organizing random immigrants genetic algorithm for dynamic optimization problems [J]. Genetic Programming and Evolvable Machines, 2007, 8:255-286.
- [83] XU Z, LIU C F, ZHANG P, et al. URIM: utility-oriented role-centric incentive mechanism design for blockchain-based crowdsensing [C] // Database Systems for Advanced Applications. Berlin: Springer, 2021:358-374.
- [84] ZHANG Z H, LU T, LI D S, et al. SANS: setwise attentional neural similarity method for few-shot recommendation [C] // Database Systems for Advanced Applications. Berlin: Springer, 2021:69-84.
- [85] ZHAN Z H, ZHANG J, LI Y, et al. Adaptive particle swarm optimization [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics; Part B, 2009, 39(6):1362-1381.
- [86] CHEN W N, ZHANG J, LIN Y, et al. Particle swarm optimization with an aging leader and challengers [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2012, 17(2):241-258.
- [87] SONG A, CHEN W N, LUO X, et al. Scheduling workflows with composite tasks: a nested particle swarm optimization approach [J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2020, 15(2):1074-1088.
- [88] CHEN W N, JIA Y H, ZHAO F, et al. A cooperative co-evolutionary approach to large-scale multisource water

- distribution network optimization[J]. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2019, 23(5):842-857.
- [89] CHEN W N, TAN D Z, YANG Q, et al. Ant colony optimization for the control of pollutant spreading on social networks[J]. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 2020, 50(9):4053-4065.
- [90] JIA Y H, CHEN W N, GU T, et al. Distributed cooperative co-evolution with adaptive computing resource allocation for large scale optimization[J]. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2018, 23(2):188-202.
- [91] SONG A, CHEN W N, GONG Y J, et al. A divide-and-conquer evolutionary algorithm for large-scale virtual network embedding[J]. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2019, 24(3):566-580.
- [92] CHEN W X, WEISE T, YANG Z Y, et al. Large-scale global optimization using cooperative coevolution with variable interaction learning[C]//*Parallel Problem Solving from Nature, PPSN XI*. Berlin:Springer, 2010:300-309.
- [93] YANG Z Y, TANG K, YAO X. Multilevel cooperative co-evolution for large scale optimization[C]//*2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation*. Hong Kong: IEEE, 2008:1663-1670.
- [94] BAINBRIDGE S M. Why a board-group decision making in corporate governance[J]. *Vanderbilt Law Review*, 2002, 55:1-42.
- [95] ASKAY D, METCALF L E, ROSENBERG L, et al. Amplifying the collective intelligence of teams with swarm AI[J]//*Collective Intelligence 2019*. New York: ACM, 2019:1-4.
- [96] GUNASEKARAN S S, MOSTAFA S A, AHMAD M S. The emergence of collective intelligence[C]//*2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems*. Zurich: IEEE, 2013:451-456.
- [97] VREDENBURG K, MAO J Y, SMITH P W, et al. A survey of user-centered design practice[C]//*Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2002:471-478.
- [98] CHIANELLA R, MANDOLFO M, LOLATTO R, et al. Designing for self-awareness: evidence-based explorations of multimodal stress-tracking wearables[C]//*Human-Computer Interaction*. Berlin:Springer, 2021:357-371.
- [99] MAO J Y, VREDENBURG K, SMITH P W, et al. The state of user-centered design practice[J]. *Communications of the ACM*, 2005, 48(3):105-109.
- [100] BORNING A, MULLER M. Next steps for value sensitive design[C]//*Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2012:1125-1134.
- [101] ZIMMERMAN J, FORLIZZI J, EVENSON S. Research through design as a method for interaction design research in HCI[C]//*Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2007:493-502.
- [102] ZHU H, YU B, HALFAKER A, et al. Value-sensitive algorithm design: method, case study, and lessons[J]. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2018, 2:194/1-23.
- [103] BECH-PETERSEN S, MAERKEDAHL L, KROGBAEK M. Participatory design and public galleries, libraries, archives and museums (GLAM) sector[C]//*Proceedings of the 14th Participatory Design Conference: Short Papers, Interactive Exhibitions*. New York: ACM, 2016:115-116.
- [104] BØDKER S, KYNG M. Participatory design that matters—Facing the big issues[J]. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2018, 25(1):1-31.
- [105] SHI H B, TSAI S B, LIN X W, et al. How to evaluate smart cities' construction? A comparison of Chinese smart city evaluation methods based on PSF[J]. *Sustainability*, 2017, 10(1):37-53.
- [106] DUAN Y Q, ZHANG L D, FAN X Y, et al. Smart city oriented ecological sensitivity assessment and service value computing based on intelligent sensing data processing[J]. *Computer Communications*, 2020, 160:263-273.
- [107] CASTANHO M S, FERREIRA F A F, CARAYANNIS E G, et al. SMART-C: Developing a "Smart City" assessment system using cognitive mapping and the Choquet integral[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2019, 68(2):562-573.
- [108] XU Z, LIU C F, ZHANG P, et al. WikiChain: a blockchain-based decentralized Wiki Framework[C]//*Communications in Computer and Information Science*. Singapore: Springer, 2021:46-57.
- [109] YU F Y, ZHANG P, DING X H, et al. Exploring how workspace awareness cues affect distributed meeting outcome[J/OL]. *International Journal of Human-Computer Interaction*, (2022-04-24) [2023-01-29]. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2064063>.
- [110] 张红春. 政府绩效生成的复杂性与绩效评估因应[J]. *求实*, 2021(6):25-40; 108.  
ZHANG H C. The complexity of government performance generation and the response of performance evaluation[J]. *Truth Seeking*, 2021(6):25-40; 108.
- [111] JOSHI S, SAXENA S, GODBOLE T, et al. Developing smart cities: an integrated framework[J]. *Procedia Computer Science*, 2016, 93:902-909.
- [112] KIM S, ANDERSEN K N, LEE J. Platform government in



- the era of smart technology[J]. *Public Administration Review*, 2022, 82(2): 362-368.
- [113] CEDILLO-ELIAS E J, LARIOS V M, ORIZAGA-TREJO J A, et al. A cloud platform for smart government services, using SDN networks; the case of study at Jalisco State in Mexico[C]//*Proceedings of the 2019 IEEE International Smart Cities Conference*. Casablanca: IEEE, 2019: 372-377.
- [114] WILLIAMSON B. The hidden architecture of higher education: building a big data infrastructure for the smarter university[J]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2018, 15(1): 1-26.
- [115] 庄越挺. 城市治理大数据智能关键技术及应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2020.
- [116] 张正清. 人工智能赋能面向 2035 年科技创新治理体系构建[J]. *中国科技论坛*, 2020(11): 11-13.
- [117] 邹济, 杨德林, 郭依迪, 等. 被孵企业知识共享治理: 以智能制造孵化器洪泰智造为例[J/OL]. *南开管理评论*, (2022-04-12) [2023-01-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20220411.1733.004.html>.
- ZOU J, YANG D L, GUO Y D, et al. The governance of knowledge-sharing in incubated enterprise: take Hongtai Zhizao, an intelligent manufacturing incubator, as an example[J]. *Nankai Business Review*, (2022-04-12) [2023-01-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20220411.1733.004.html>.
- [118] MARGERUM R D, ROBINSON C J, GENSKOW K. The challenges of collaborative governance: towards a new research agenda[M]//MARGERUM R. *The Challenges of Collaboration in Environmental Governance*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2016: 371-392.
- [119] BELL E V, OLIVIER T. Following the paper trail: systematically analyzing outputs to understand collaborative governance evolution[J]. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 2021, 32: 671-684.
- [120] MONTORI F, BEDOGNI L, BONONI L. A collaborative internet of things architecture for smart cities and environmental monitoring[J]. *IEEE Internet of Things Journal*, 2017, 5(2): 592-605.
- [121] PATHAK A, AMAZUDDIN M, ABEDIN M J, et al. IoT based smart system to support agricultural parameters: a case study[J]. *Procedia Computer Science*, 2019, 155: 648-653.
- [122] 常方乐, 康孟珍, 王秀娟, 等. 平行智能风沙防护治理决策支持系统——塔克拉玛干沙漠公路及其防沙体系[J]. *智能科学与技术学报*, 2021, 3(4): 499-506.
- CHANG F L, KANG M Z, WANG X J, et al. Windblown sand control decision-making support system based on parallel intelligence: Taklimakan desert highway and its sand-breaking system[J]. *Chinese Journal of Intelligent Science and Technology*, 2021, 3(4): 499-506.
- [123] UPHAM P, VIRKAMÄKI V, KIVIMAA P, et al. Socio-technical transition governance and public opinion: the case of passenger transport in Finland[J]. *Journal of Transport Geography*, 2015, 46: 210-219.
- [124] CREEMERS R. Cyber China: upgrading propaganda, public opinion work and social management for the twenty-first century[J]. *Journal of contemporary China*, 2017, 26(103): 85-100.
- [125] GRÜNDER-FAHRER S, SCHLAF A, WIEDEMANN G, et al. Topics and topical phases in German social media communication during a disaster[J]. *Natural Language Engineering*, 2018, 24(2): 221-264.
- [126] NING X, YAO L, BENATALLAH B, et al. Source-aware crisis-relevant tweet identification and key information summarization[J]. *ACM Transactions on Internet Technology*, 2019, 19(3): 1-20.
- [127] 梁正. 互联网平台协同治理体系构建——基于全景式治理框架的分析[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2021(21): 26-36.
- LIANG Z. Exploring the ways to build a collaborative governance system for internet platforms in the era of digital economy—analysis based on a panoramic governance framework[J]. *Frontiers*, 2021(21): 26-36.
- [128] 魏俊斌. 突发事件网络舆情智能治理的 P2DR 法治保障模式构建[J]. *情报杂志*, 2022, 41(7): 107-115.
- WEI J B. Construction of P2DR rule of law guarantee model for intelligent governance of network public opinion in emergencies[J]. *Journal of Intelligence*, 2022, 41(7): 107-115.

【责任编辑:庄晓琼 责任校对:庄晓琼 英文审校:曾妹倩,邓乾霞】