

单片机与边缘智能融合的理论基础与发展路径探析

王俊凯

(湖南科技学院, 湖南 永州 425199)

摘要 单片机与边缘智能的融合是数字化转型延伸到物理终端的必然趋势,也是推进“人工智能+”行动、提升社会治理效能的重要推动力。本文从“技术—组织”互构视角和技术执行框架出发,对两者融合的内在机理进行了系统的分析,认为其通过供需匹配、整体智治、流程重塑这三个途径,使末端治理由“被动响应”变为“主动预判”。研究强调,单片机边缘智能系统必须锚定在可实现、能持续的现实基础上,只有摒弃盲目建设的工具理性,回归以人为本的服务初心,才能真正将末端智力转化为提升国家治理体系和治理能力现代化的实质红利。

关键词 单片机; 边缘智能; 供需匹配; 整体智治; 流程重塑

中图分类号: TP18

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.004

0 引言

随着“人工智能+”行动的深入推进,数字化转型已从中心架构向物理世界的感官末端纵深延伸,数字赋能已成为实现高质量发展的必然选择。单片机作为数字化转型的“神经末端”,其智能化的实现程度直接决定了感算协同的治理效能。传统依赖云端的计算范式在实时性要求、带宽负载及隐私安全等方面面临瓶颈,亟需通过边缘智能将推理能力下沉至终端,驱动治理逻辑从“被动响应”向“主动预判”的范式跃迁。尽管融合潜力巨大,但在实际嵌入过程中,受限于硬件算力短板、数据碎片化屏障及伦理规范滞后,单片机系统常面临技术需求适配与组织响应匹配失衡的风险,导致系统出现“建而不用”的效能悖论。单片机与边缘智能的融合并非孤立的技术升级,而是技术、制度与组织要素在特定场景下的协同演化。因此,系统探析两者的融合机理,分析在技术、制度与行为维度的现实阻滞,并构建涵盖软硬件适配、权责重构与价值共创的发展路径,不仅有助于释放末端智力的技术红利,对于构建高质量协同发展格局、推进治理体系和治理能力现代化亦具有重要的学术价值与现实意义。

1 单片机与边缘智能的融合机理

1.1 技术执行框架下的多维关联

单片机与边缘智能的融合可以放在技术执行框架中做深入的分析。该理论认为信息技术的有效实施不

是孤立的硬件升级,而是数字技术、制度架构、组织协作这三个要素之间多维关联、协同演化产生的结果^[1]。在边缘智能应用场景中,单片机属于数字化的神经末端,它的执行效能被技术要素和组织制度共同塑造出来。一方面单片机硬件计算资源、功耗限制与边缘智能算法复杂度须在特定的应用环境里取得平衡;另一方面边缘智能的出现也反过来促使组织结构、业务流程发生改变,进而让系统由逻辑控制转向自主决策。机理抛弃了单一的技术决定论,认为要达到这样的目的就要依靠技术要素和制度逻辑的深度耦合,把单片机由被动的数据采集终端变成具有实时执行力的智能节点。

1.2 基于末端感知的主动预判治理

在供需匹配方面,单片机同边缘智能融合之后,治理逻辑由“被动响应”转向了“主动预判”。边缘智能使单片机在物理末端对海量、异质化的数据进行实时处理,利用语义关联分析和神经网络算法,可以对某个场景的需求进行智能化的感知和准确的识别^[2]。机理就是利用单片机泛在感知的特点,建立多源数据融合的事前预测预警机制,在问题发生之前发现隐性风险和趋势性需求。在边缘端部署轻量化推理模型,可以克服传统云计算处理延迟的瓶颈,保证公共服务资源或者工业控制指令在物理末端实现高效的精准投放,从而在复杂多变的动态环境中达成供需双方的高质量协同和精准匹配。

作者简介: 王俊凯(2003-),男,本科,研究方向: 电子科学与技术。

1.3 动态调整与相互形塑

从技术与组织互构的角度来说,单片机同边缘智能的融合属于一种动态调整、互相影响的过程。边缘智能嵌入之后,传统的组织刚性就被打破了,单片机系统也由原来的简单逻辑控制单元转变为具有复杂推理能力的智能中心,从而促使管理流程和组织职能进行数智化重组。同时应用场景中的制度惯性、组织特性也会反过来修正技术的应用形态、功能边界,决定智能赋能的深浅、宽窄。技术密集型的新技术出现与实际需求脱节,或者组织反应不能及时适应技术动态发展的变化,就会造成建而不用。因此,融合机理的本质就是依靠硬件技术革新和组织制度调适的良性互动,使单片机边缘智能应用锚定在可以实现、可以持续的现实基础上,实现技术赋能效能的最大化。

2 单片机与边缘智能融合现状与典型应用画像

2.1 整体智治视角下的末端集成应用画像

在目前的“整体智治”治理模式下,单片机与边缘智能的融合,已经由孤立的控制节点转变成集成化的服务供给端。单片机是嵌入式系统的核心节点,其边缘侧的处理能力已经渗透到政务办公智能化、一体化协同共治、智慧医疗等微观场景当中。智慧城市画像依靠集成边缘算法的智能终端来创建“一张网、一块屏、一平台”的总体架构,从而实现对人、物、环境的实时动态监测以及部门间任务的同步处理^[3]。在智慧医疗方面,以单片机为末端感知节点的海量生理数据,在边缘侧被转化成诊疗辅助信息,一方面提高了组织间的协同效率,另一方面通过数据共享、系统互通的方式实现了公共价值的深度共创。末端集成化趋势使单片机系统由原来只能执行简单逻辑指令转变成具有实时判断能力的智能主体。

2.2 流程重塑效应下的主动治理应用画像

单片机与边缘智能相融合,促使公共服务流程发生数智化重塑,末端智能反馈改善了资源调配效率和用户交互感受。边缘智能赋能的单片机系统,它的主要价值就是对感知数据进行实时推理,使服务供给由原来的被动响应转变为主动治理的未诉先办模式。典型画像里智慧防洪监测系统依靠单片机在边缘端做汛情动态预估,智能调度资源,从事后处置变为提前干预。另外,在政务服务终端增加数字人交互逻辑,用语义识别技术来优化服务路径,使公共服务的适应性得到提高,并且增加了其友好性。以末端智能为基础,对流程进行重塑,在硬件资源有限的条件下,也可以达到服务效率和公众满意度双提升的效果。

2.3 融合进程中“理想错位”与系统闲置的典型警示

虽然融合潜力巨大,但是实际应用中也暴露出系统“建而不用”的严峻警示,主要表现为技术功能设计与基层实际场景之间的“理想错位”^[4]。部分单片机边缘智能系统在创建之时就过分追求算法的“科幻感”和功能的堆砌,但是由于操作门槛过高、硬件场景兼容性不好或者脱离用户习惯等原因,最终陷入功能性闲置的境地。在实际画像中,一些社区自建的智能订餐终端、数字图书馆移动应用等,虽然在技术上具有一定的先进性,但是没有充分考虑到老年群体、农村居民的数字素养和使用习惯,使得系统的活跃度很低。形象工程式的融合实质上是技术密集出现和政务需求不匹配、组织响应不匹配的结果,也体现出数字化转型当中隐藏的数字形式主义风险。

3 单片机与边缘智能融合的现实阻滞

3.1 技术维度:资源受限与数智基础支撑力不足

单片机与边缘智能融合的第一大障碍就是末端硬件资源受限,高复杂度算法需求和末端硬件资源受限之间存在结构性矛盾。单片机是数智化转型的“神经末端”,单片机内存、算力、功耗固有的局限性,使得复杂的深度学习模型很难直接嵌入并高效运行。目前末端数据存在碎片化的问题,由于各个设备之间标准不一、接口不通,造成数据孤岛现象仍然严重,政务数据或者工业数据的共享和协同机制还存在释放受阻的情况。另外,算力资源的统筹规划能力比较弱,末端节点的计算负载与边缘侧的资源调度不能精准匹配,造成大量边缘智能系统在部署之后因为数智基础支撑力不足而陷入“应用空转”或者性能衰减的境地。

3.2 制度维度:规范建构滞后与权责边界模糊

制度规范的滞后性是制约融合发展的主要外部因素,造成边缘智能在末端场景的应用出现“价值真空”和“监管盲区”双重压力。由于单片机嵌入式系统大多处在物理环境一线,数据采集与自动化决策过程对隐私保护和伦理准则的要求极高,但是目前制度框架大多集中在云端治理上,缺少末端边缘智能场景的法律标准。单片机、边缘模型、业务平台这三者构成的长技术链上,参与主体越来越多样化,系统由于算法偏差或者数据滥用造成决策失效时,原本清晰的责任边界就会变得十分模糊,进而造成责任溯源和问责机制难以有效落实。制度建构和技术革新错位,一方面会降低系统运行的稳健性,另一方面也会妨碍协同治理体系的深度重组。

3.3 行为维度：人机协同失衡与数字形式主义异化

融合过程中很容易受到决策行为风险和数字形式主义异化的影响，从而影响协同效能的最终释放。行政人员或者一线操作者在实际操作中，由于过于相信智能推理的结果，忽略了复杂情境下价值的考量，由于算法模型的“黑箱”特性而产生心理排斥和决策信任危机。同时，在基层治理实践当中部分边缘智能项目成了形象工程，表现出了建而不用的特点，即系统虽然已经建成，但由于操作门槛高、场景不匹配或增加额外的行政负担等原因，使工作人员更倾向于用传统的办法来工作，形成了一种表面应用、形式化的恶性循环。由于公众作为服务对象存在着“数字鸿沟”以及参与渠道的适配性不高，所以往往处于被动接受的地位，不能实现价值共创的良性互动。

4 单片机与边缘智能融合的发展路径探析

4.1 技术路径：深化软硬件协同适配与数据价值释放

就单片机资源受限和算法复杂度的结构性矛盾而言，应该采用以需求来决定功能的技术迭代方式^[5]。首先，实行数字系统“瘦身机制”，采用 TinyML 等量化压缩技术去掉模型中的多余参数，优先选用低成本、易维护、适合末端硬件的成熟算法，保证系统在有限算力下“用得起来”。其次，为了克服数据碎片化造成的“数据孤岛”，需要创建起统一的跨部门、跨层级政务数据共享及接口标准，促使数据由“碎片化采集”转变为“高质量流通”，从而筑牢边缘智能的数智根基。另外，应该加强算力资源的统筹规划，用云边端协同调度的方式，动态调节末端节点的计算负载，从技术源头上解决由于数智基础支撑力不足造成的应用空转问题。

4.2 制度路径：构建多维伦理准则与清晰的权责规范体系

对于制度滞后、责任边界不清的难题，要创建起契合末端边缘智能场景的治理体系。首先，应该确立以人为本、服务导向的伦理准则，在末端避免出现新的数字鸿沟，保障弱势群体的权益。其次，要深化权力重构方案，明确业务主管部门、技术支撑团队、末端承接单位三方责任逻辑，在数据分类分级、授权流程、安全审计上严格监控，保证每一个边缘决策环节都有章可循、权责对等。针对养老、医疗等场景，应当采取场景驱动的创新范式来制定具体的行业技术标准，健全数据隐私保护的规定，保证边缘智能能够在法律规范内稳健运行，消除由于制度空白而产生的安全隐患。

4.3 行为路径：重塑人机协同逻辑与价值共创生态

针对人机协同失衡和数字形式主义异化，应该从目标纠偏和协同参与入手。首先，要科学地划分决策中的人机分工，坚持人在回路的主导地位，用可解释人工智能技术来破除算法黑箱，提高公务人员对边缘侧智能建议的信赖度和价值判断能力。其次，为了根治建而不用问题，应当优化考核体系，把实际使用率、群众满意度作为核心指标，建立转型成效回溯机制，强制关停功能异化的形象工程。最后，拓宽价值共创途径，依靠智能界面和协作平台削减公众参与门槛，给予公众实质性的协同参与途径，促使公众从“被动受众”转变为“主动共创者”，塑造起可质询、可信赖的末端智治共生体系。

5 结束语

单片机与边缘智能的融合，不仅是嵌入式系统硬件的跃迁，更是推进数字化转型和社会治理高质量协同发展的核心支点。该融合过程依靠供需匹配、整体智治、流程重塑这三个机理，把末端治理逻辑由“被动响应”变为“主动预判”。但是融合的深浅、好坏最终取决于技术需求适配和组织响应匹配的耦合程度。对于资源受限、数据壁垒、制度滞后等结构性问题，未来的发展方向就是 TinyML 等模型的轻量化下沉，加上权责分明的治理制度和人与机器协作的共同价值创造模式。只有摒弃盲目建设的工具理性，回归以人为本的服务初心，单片机边缘智能系统才能真正从“政绩符号”转化为“治理红利”，为国家治理体系和治理能力现代化的闭环提升提供坚实的支撑。

参考文献：

- [1] 巩艳红,姚守峰,张斌,等.数字赋能与公共服务高质量协同发展效应及影响因素[J].资源科学,2025,47(09):2005-2018.
- [2] 康健,张浅.“人工智能+”公共服务创新的实现机理与未来进路[J].中共天津市委党校学报,2025(06):35-46.
- [3] 温雅婷,余江,洪志生,等.数字化转型背景下公共服务创新路径研究:基于多中心—协同治理视角[J].科学与科学技术管理,2021,42(03):101-122.
- [4] 李欢欢,孙宗锋,杨志.基层政务服务数字化转型中系统“建而不用”的诱致机理与防治策略:基于多案例的比较分析[J].电子政务,2025(10):32-43.
- [5] 马婷.基层政务服务数字化效能提升研究:基于“技术—制度”分析视角[J].国际公关,2025(09):56-58.