

U N E S C O

联合国教科文组织

AI 能力框架

面向学生

2024

ISBN: 978-92-3-100709-5

简要概述

培养学生在 AI 时代成为负责任且有创造力的公民

人工智能（AI）日益成为我们生活中不可或缺的一部分，这需要教育系统未雨绸缪，培养学生成为 AI 的负责任使用者和共创者。将 AI 学习目标纳入官方学校课程，对于全球学生安全、有意义地参与 AI 至关重要。

联合国教科文组织的 AI 能力框架（面向学生）旨在帮助教育工作者实现这一整合，概述了四个维度的 12 项能力：以人为本的心态、AI 伦理、AI 技术和应用、以及 AI 系统设计。这些能力涵盖三个进阶水平：理解、应用和创造。本框架详细说明了课程目标和特定领域的教学方法。

本框架以学生作为 AI 共创者和负责任公民的愿景为基础，强调对 AI 解决方案的批判性判断，认识 AI 时代的公民责任，终身学习所需的基础 AI 知识，以及包容、可持续的 AI 设计。

截至 2022 年，仅有 15 个国家在其国家课程中纳入了 AI 学习目标

序言

过去十年间，人工智能（AI）在人类发展的各个领域得到了广泛应用，2022年11月生成式AI工具的公开发布更是加速了AI在社会生活中的渗透。处于人类社会变革核心的教育领域也不例外。

这一快速的技术变革过程为学生、教师和整个社会带来了多重机遇，同时也带来了风险和挑战。在AI时代，在校学生需要做好准备，成为AI的积极参与者和共创者，以及塑造技术新迭代并定义其与社会关系的未来领导者。

这正是联合国教科文组织AI能力框架（面向学生）的目标所在，这也是全球首个此类框架。它旨在支持学生核心能力的发展，使其成为负责任且有创造力的公民，在AI时代具备茁壮成长的能力。这将帮助学生获得必要的价值观、知识和技能，从包括伦理、社会和技术层面在内的整体视角批判性地审视和理解AI。

新框架体现了教科文组织的使命，将AI与教育的愿景锚定在人权、包容和公平的原则之上。该方法旨在确保AI支持人类能力的发展，保护人类尊严和能动性，促进正义与可持续性。

本出版物建立在教科文组织在该领域已有工作的基础上，如教师信息与通信技术能力框架、AI与教育：政策制定者指南，以及最新的教育和研究中生成式AI指南。它反映了广泛利益相关方的贡献，借鉴了教科文组织成员国在开发和实施AI学校课程方面的见解、国际工作组的专业知识、三次国际磋商会议以及多轮在线咨询的意见。

AI能力框架（面向学生）与教师能力框架同步开发。希望这两个框架能够赋能学生和教师，共同塑造我们所期望的数字未来。在一个日益复杂和不确定的世界中，确保教育仍然是变革我们共同未来的核心空间，是我们共同的责任。

Stefania Giannini

联合国教科文组织教育助理总干事

致谢

在联合国教科文组织教育助理总干事 **Stefania Giannini** 的领导下，在教科文组织未来学习与创新司司长 **Sobhi Tawil** 的指导下，本出版物的起草工作由技术与 AI 教育科科长 **缪峰** 主持。

本框架由教科文组织技术与 AI 教育科科长 **缪峰**、全球学习科学教育网络主任 **Kelly Shiohira** 和 App Inventor 基金会执行主任 **Natalie Lao** 共同起草。框架的开发还受益于 EduConLK 教育分析师 **Lidija Kralj** 的贡献。

特别感谢以下专家对本出版物的同行评审：**Comz** 联合创始人兼合伙人 **Kate Arthur**；世界工程组织联合会（WFEO）主席 **龚克**；伦敦大学学院 AI 教育教授 **Kaška Porayska-Pomsta**；AIClub 和 AIClubPro 联合创始人兼首席执行官 **Nisha Talagala**；魁北克高等教育委员会的 **Monique Brodeur**、**Hugo Couture**、**Sophie Gosselin**、**Yves Munn** 和 **Benoit Petit**；以及科学与技术伦理委员会的 **Luc Bégin**、**Nicolas Bernier** 和 **Guillaume Pelletier**。

感谢以下教科文组织同事对同行评审过程的贡献：文化部门执行办公室的 **Andrea Detmer**；基础科学、研究、创新与工程处处长的 **Amal Kasry**；文化部门项目与利益相关方拓展处主任 **Karalyn Monteil**；国际教育局高级教育专家 **Renato Operti**；拉丁美洲和加勒比地区高等教育国际研究所的 **Arianna Valentini**；科学部门减灾处处长的 **Soichiro Yasukawa**；教科文组织哈拉雷办事处科技与创新高级项目专家 **Martiale Kana Zebaze**；以及通信与信息部门信息普遍获取与数字包容科科长 **Jaco Du Toit** 和项目专家 **Zeynep Varoglu**。

特别感谢未来学习与创新司技术与 AI 教育科的 **Luisa Ferrara** 管理专家意见输入，以及同科室的 **Glen Hertelendy** 协调本出版物的制作。

此外，教科文组织感谢 **Jenny Webster** 对本文字进行的编辑和校对。

最后，教科文组织感谢中国好未来教育集团对本出版物项目的慷慨支持，以及更广泛地推动人工智能促进教育未来发展的努力。

缩写词和简称列表

缩写	全称
AGI	通用人工智能
AI	人工智能
AI CFS	面向学生的 AI 能力框架
CCDI	计算、创意设计与创新
CG	课程目标
GAN	生成对抗网络
K-12	幼儿园至 12 年级
ICT	信息与通信技术
IEA	国际能源署
IGO	政府间组织
ITU	国际电信联盟
MIT	麻省理工学院
NGO	非政府组织
STEAM	科学、技术、工程、艺术和数学
STEM	科学、技术、工程和数学
TVET	技术与职业教育和培训
UNESCO	联合国教科文组织

第一章 引言

1.1 为什么需要面向学生的 AI 能力框架？

人工智能（AI）在生活各方面和各领域的快速迭代和扩散，对机器智能的本质、个人数据的收集和使用、人类与机器在决策中的角色，以及 AI 对社会和环境可持续性的影响等问题提出了新的挑战。教育系统不仅要为学生提供使用 AI 的知识和技能，还要让他们深入了解技术对社会和环境的潜在影响。

教育作为公共部门，不能沦为被动采用 AI 的试验场。教育部门的作用不仅是让学生适应日益被 AI 技术变革的社会；它还在赋能年轻人帮助共创可持续未来方面发挥着关键作用，通过重新平衡我们与他人、技术以及环境之间的关系。通过定义学生在深入 AI 时代可能需要的核心能力，AI 能力框架（面向学生）的最终目标是帮助培养负责任且有创造力的公民，让他们能够共创美好的未来。

各国政府早在 2019 年就认识到了发展 AI 素养和更高级 AI 能力的迫切需求，当时他们通过了教科文组织《北京共识：人工智能与教育》。《北京共识》强调了在社会各层面培养 AI 素养的必要性。然而，根据一项覆盖 190 个国家的最新调查，仅有约 15 个国家正在开发或实施学校教育中的 AI 课程。调查还发现，各国对 AI 素养、技能和能力的定义存在很大差异。因此，调查结果凸显了制定统一方法将 AI 相关教学内容纳入学校课程的紧迫性。

学生的 AI 能力定义往往受到私营公司设计和/或提供培训的影响，这些培训倾向于关注操作营利性 AI 平台的技术技能。这种方法很少涉及 AI 对学习和公民身份更广泛的批判性问题。目前，太多教育系统在引入 AI 相关内容和方法方面存在空白。公共教育系统填补这一空白面临的挑战之一是缺乏面向学生 AI 能力的国际参考框架。本框架旨在填补这一空白。

AI 技术是一个快速移动的目标。因此，至关重要的是确保所有学生拥有一套核心的知识、技能和价值观，用于在当下以合乎伦理和有效的方式与 AI 互动。这一基础可以使学生以适当和以人为本的方式利用未来的 AI 技术迭代。

AI 能力框架支持教育主管部门回应这些需求，定义了一套面向学生的核心能力，涵盖四个维度：以人为本的心态、AI 伦理、AI 技术和应用、以及 AI 系统设计。这四个维度在三个进阶或精通水平（理解、应用和创造）上进行阐述，共形成 12 个能力模块。

1.2 目的和目标受众

AI 能力框架旨在作为公共教育系统的指南，帮助构建所有学生和公民在这一新技术时代有效实施国家 AI 战略和建设包容、公正和可持续未来所需的能力。

更具体地说，AI 能力框架：（1）提供了关于学生核心 AI 能力的全球参考框架，以指导国家或机构 AI 能力框架的设计；（2）规定了在不同精通水平上与 AI 能力关键维度相关的典型态度和行为表现，以帮助设计面向学生的 AI 相关课程内容；（3）推荐了开放式路线图，以帮助规划各年级 AI 课程的学习序列。

作为全球参考框架，AI 能力框架需要根据地方教育系统在课程、AI 教学的支撑性学习环境、

教师准备情况以及特定学生群体的先备知识和能力等方面的不同就绪水平进行调整。

AI 能力框架的主要面向对象是政策制定者、课程开发者、面向学生的 AI 教育项目提供者、学校领导、教师和教育专家。

第二章 关键原则

2.1 培养对 AI 的批判性思维

批判性思维是学生作为学习者、使用者和创造者有意义地参与 AI 所需的基本技能。学生还有责任决定应开发何种类型的 AI 以及如何使用它们来推动人类社会走向包容、环境可持续发展的共同未来。

AI 能力框架旨在通过让学生参与根本性问题来培养对 AI 的批判性方法，例如：AI 是否有望帮助解决人类面临的现实挑战，还是对人类构成不可逾越的威胁？AI 训练和使用对气候的不利影响是否与其预期收益不成比例？应仔细审查 AI 使用的哪些社会、经济、政治和人口影响？

AI 能力框架旨在让学生具备批判性审视 AI 比例适当性所需的价值观、知识和技能，包括从伦理角度审视和理解其对人类能动性、社会包容和公平、机构和个人安全、文化和语言多样性、多元意见的建设和表达的影响，以及对环境和生态系统的影响。

学生应超越“AI 是万能药”的误解。相反，他们应成为有意识的决策者，判断 AI 系统和应用在何时应该或不应该被使用，它们可能或不可能解决什么问题，以及何时以及如何将 AI 作为更广泛解决方案的一部分来设计和使用。

社会正以不同的速度进入 AI 时代，但各地的学生都已经是或将成为 AI 广泛融入背景下的公民。他们不仅需要遵守法律法规和伦理原则，作为公民还需要为 AI 标准和法规的适应做出贡献。

专栏 1：《人工智能伦理建议书》

各成员国应促进 AI 教育“先决技能”的习得，如基本素养、计算能力、编程和数字技能，以及媒体和信息素养，以及批判性和创造性思维、团队合作、沟通、社会情感和 AI 伦理技能，特别是在这些技能教育存在明显差距的国家和地区。

各成员国应促进关于 AI 发展的公众认知项目，包括数据和 AI 技术带来的机遇和挑战，AI 系统对人权及其影响（包括儿童权利）的影响。这些项目应对非技术和技术人员群体开放。

来源：UNESCO, 2022a, pp. 33-34

2.2 优先考虑以人为本的人机交互

在 AI 时代，人类与 AI 系统和应用之间的互动将成为公共服务、生产与商业、社会实践、学习和日常生活的基本组成部分。建立理解和确保这些领域中以人为本的人机交互所需的能力是框架的优先事项。

教科文组织的以人为本方法倡导 AI 的设计和使用应服务于人类能力的发展，保护人类尊严和能动性，促进正义和可持续性，贯穿整个 AI 生命周期和所有人机交互场景。这种方法必须以人权原则为指导，尊重定义知识公产的语言和文化多样性。以人为本的方法还要求 AI 的使用方式确保透明性和可解释性，以及人类的控制和问责。

随着 AI 变得越来越复杂和普及，一个关键风险是它可能损害人类能动性，影响人类智力技能的发展。虽然 AI 可以用来挑战和拓展人类思维，但不应该让它取代批判性思考。因此，保护和增强人类能动性应始终是 AI 课程和教育项目设计的核心原则。

2.3 鼓励环境可持续的 AI

作为下一代 AI 技术的共创者和潜在领导者，学生需要对营利驱动的 AI 模型设计、训练和部署方式对环境的不利影响有批判性认识。教育系统有责任确保学生了解碳排放、分析气候变化的根本原因，并明智地采取行动保护气候和环境。

在竞相生产越来越强大的 AI 模型的过程中，环境可持续性往往被视为次要议题。全球领导者和政策制定者正在考虑围绕能源消耗和环境保护的法规，在此背景下，学生必须了解 AI 模型的训练如何导致自然环境的破坏。AI 学习应使他们能够迫切探索更环保的 AI 模型设计、训练和使用方法。

2.4 促进 AI 能力发展中的包容性

获取 AI 和 AI 能力代表了当今世界公民基本权利的两个方面。所有学生都应有机会包容性地获取学习 AI 所需的环境，并得到支持学习如何将包容性原则嵌入 AI 设计，为建设包容的 AI 社会做准备。

在定义 AI 能力时，应为学生提供理解和应用包容性原则的机会，贯穿 AI 的整个生命周期，包括选择代表性数据、选择偏差无关的算法和反歧视训练方法、设计无障碍功能、测试 AI 输出的包容性以及评估 AI 使用对社会包容的影响。

在课程实施方面，政府应承诺促进包容性地获取基础互联网连接、更新的数字设备、开源或可负担的 AI 程序和软件，以及必要的 AI 设备。同时，这些努力必须特别关注残疾学生和/或来自语言或文化少数群体的学生。

2.5 建立终身学习的核心 AI 能力

AI 相关的教学和学习应服务于建立核心 AI 能力，使学生能够容纳新知识，并适应使用新技术在新情境中解决问题。首先，这些核心能力必须包含与伦理和以人为本心态相关的价值观。

核心能力是与品牌和产品无关的，确保学生能够适当地参与各种工具以及 AI 技术的未来迭代。它使学生能够以适合年龄的、逐步深入的方式发展对 AI 数据、算法、模型和系统设计的理解。这些核心能力构成了在后续教育、工作和生活中进一步学习和更专业化使用 AI 的基础。

第三章 AI 能力框架（面向学生）的结构

3.1 框架概览

AI 能力框架基于两个维度的矩阵规定了 12 个能力模块。第一维度包含四个相互关联的 AI 能力维度，第二维度包括三个学生预期迭代参与的进阶或精通水平。

虽然 AI 能力框架将学生 AI 能力的定义锚定在知识、技能和价值观三大支柱上，但它也旨在鼓励对 AI 系统背后的人类主导方法进行伦理性理解。在此基础上，框架定义了学生 AI 能力的四个基本组成部分：以人为本的心态、AI 伦理、AI 技术和应用、以及 AI 系统设计。

框架的第二个维度概述了三个进阶水平：理解、应用和创造，旨在反映所有四个维度的精通水平。它们可用于为 AI 课程或学习项目提供跨年级的螺旋式学习序列，帮助学生渐进式地构建系统的、可迁移的能力体系。

表 1. AI 能力框架（面向学生）

能力维度	第一级：理解	第二级：应用	第三级：创造
以人为本的心态	人类能动性	人类问责	AI 时代的公民身份
AI 伦理	具身伦理	安全与负责任的使用	伦理先行设计
AI 技术和应用	AI 基础	应用技能	创建 AI 工具
AI 系统设计	问题界定	架构设计	迭代与反馈

3.2 进阶水平

第一级：理解

第一级面向所有学生。所有个体在生活中都将与某种形式的 AI 互动。AI 提供商也一直在挖掘和操纵几乎所有互联网用户的数据。因此，所有学生都必须培养以人为本的价值观、知识和技能，以便在日常生活的各个领域与 AI 进行安全、知情和有意义的互动。

在“理解”水平，学生预期培养对 AI 是什么的理解，构建适合其年龄的关于 AI 工具及其使用背后的价值观、伦理问题、概念、流程和技术方法的解读。

第二级：应用

鉴于 AI 的使用已经渗透到所有部门和生活的各个方面，包括教育和就业，在校学生应做好准备，成为 AI 的负责任、积极和有效的使用者，既为个人利益，也为应对共同的可持续性挑战。

在“应用”水平，学生预期将已学到的价值观、知识和技能提升、迁移和适应到新的学习过程

中。他们通过在更复杂的情境中处理理论问题和/或实践任务，以及批判性地审视 AI 工具背后的先进技术方法来实现这一目标。

第三级：创造

AI 领域的指数级创新步伐意味着技术提供商正在定义社会变革的条款。发展批判性 AI 能力对于确保 AI 的设计、部署和使用回应用户需求并惠及公众至关重要。在校学生应做好准备，创建可信赖的 AI 工具，并在定义和设计下一代 AI 技术方面发挥主导作用。

在“创造”水平，学生预期成为有意识的 AI 共创者，开发以人为本的解决方案，积极影响 AI 的设计和使用。这一水平的学习要求整合运用所获得的 AI 价值观、知识和技能来设计、实施和测试有助于应对现实挑战的 AI 解决方案。

3.3 能力维度

以人为本的心态

“以人为本的心态”维度聚焦于学生的价值观、信念和批判性思维技能，应用于审视 AI 是否符合目的、其使用是否正当、人类应如何与其互动，以及个人和机构应承担什么责任来建设安全、包容和公正的 AI 社会。以人为本的心态为进一步参与 AI 的所有维度奠定了基础。

- 人类能动性：学生预期能够认识 AI 是由人类主导的，AI 创造者的决策影响 AI 系统对人权、人机互动以及他们自身生活和社会的方式。
- 人类问责：学生预期认识 AI 创造者和 AI 服务提供商的法律义务，了解他们在 AI 设计和使用过程中应承担的人类问责。
- AI 时代的公民身份：学生预期批判性地理解 AI 对人类社会的影响，促进负责任和包容性的 AI 设计和使用以实现可持续发展。

AI 伦理

“AI 伦理”维度代表了学生驾驭、理解、践行和贡献于 AI 系统整个生命周期相关原则和法规适应所需的伦理价值判断、具身反思以及社会和情感技能。

- 具身伦理：学生预期围绕 AI 的关键伦理辩论形成基本理解，包括 AI 对人权、社会正义、包容、公平和气候变化的影响，并理解、内化不伤害、比例适当性、非歧视、可持续性、人类决定权、透明性和可解释性等原则。
- 安全与负责任的使用：学生预期能够以符合伦理原则和当地适用法规的负责任方式使用 AI，并采取措施确保其数据仅在知情同意下被收集、使用、共享、存档和删除。
- 伦理先行设计：学生预期采用伦理先行设计方法进行 AI 工具的设计、评估和使用，以及 AI 法规的审查和适应。

AI 技术和应用

“AI 技术和应用”维度代表了 AI 概念知识与相关操作技能的内在联系，涉及具体 AI 工具或真实任务。这一维度作为具体理解和应用以人为本的心态及其相关伦理原则的最重要的可迁移技术基础。

- **AI 基础：**学生预期能够建立关于 AI 的基础知识和技能，特别是关于数据和算法的知识，理解逐步深化对数据和算法理解所需的跨学科基础知识的必要性。
- **应用技能：**学生预期能够构建关于数据、AI 算法和编程的适合年龄的知识结构，并获得可迁移的应用技能，批判性地评估和利用免费和/或开源的 AI 工具。
- **创建 AI 工具：**学生预期能够深化和应用关于数据和算法的知识和技能，以定制现有 AI 工具包，创建基于任务的 AI 工具。

AI 系统设计

"AI 系统设计"维度聚焦于 AI 系统问题界定、设计、架构构建、训练、测试和优化所需的系统性设计思维和综合工程技能。这一维度旨在挑战 AI 系统的可解释性，并为将在该领域继续深造的学生提供探索性学习。

- **问题界定：**学生预期能够理解"AI 问题界定"作为 AI 创新起点的重要性，能够从法律、伦理和逻辑角度审视 AI 是否应在特定情境中使用。
- **架构设计：**学生预期能够培养配置可扩展、可维护和可复用的 AI 系统架构的基本方法论知识和技术技能。
- **迭代与反馈：**学生预期增强和运用跨学科知识和实践方法来评估 AI 模型的适当性和方法论稳健性及其对个人用户、社会和环境的影响。

第四章 学生 AI 能力规格详述

以下 AI 能力框架的规格详述说明了每个能力模块在课程目标、建议教学方法和所需学习环境方面的内容，同时考虑了包容性以及 AI 就绪水平的差异。

课程目标概述了特定领域的价值观、知识和技能，可适用于首次接触 AI 相关学习的不同年龄和能力水平的学生。由国家或机构课程机构来为特定的学生群体定义具体的学习目标。

4.1 第一级：理解

本级的总体目标是支持所有学生获得对 AI 是什么的理解，构建适合其年龄的关于 AI 工具及其使用背后的价值观、伦理问题、概念、流程和技术方法的解读。

表 2. 第一级“理解”的能力模块

学生能力	课程目标	建议教学方法	学习环境
<p>以人为本的心态</p> <p>人类能动性</p> <p>学生预期能够认识 AI 是由人类主导的，AI 创造者的决策影响 AI 系统对入权、人机互动及其自身生活和社会的方式。他们应了解在设计、提供和使用 AI 过程中保护人类能动性的意义。</p>	<p>CG4.1.1.1 培养“AI 是由人类主导的”理解：基于选定的 AI 工具，向学生解释 AI 是由人类主导的；引导学生逐步全面理解人类能动性。</p> <p>CG4.1.1.2 促进对充分行使人类控制 AI 的必要性的理解：让学生接触真实场景，引导他们体验人类监督在控制 AI 中的后果。</p> <p>CG4.1.1.3 培养对人类能动性和机器能动性动态关系的批判性思维：让学生接触 AI 可以支持人类能动性的真实案例。</p>	<p>可视化 AI 生命周期中人类能动性的抽象概念：让学生绘制选定 AI 工具生命周期关键步骤中的人类能动性概念图。</p> <p>模拟 AI 法案法庭辩论：基于欧盟 AI 法案对禁止 AI 系统的定义，组织学生扮演陪审员评估应被禁止的 AI 系统。</p> <p>基于场景的以人为本的人机互动理解：选择 AI 工具在工作场所或日常生活中使用的例子，鼓励学生认识 AI 的贡献。</p>	<p>非数字化学习环境：纸制文章、印刷阅读材料和练习册。</p> <p>本地可用的 AI 工具，包括带 AI 应用的手机。</p> <p>搜索引擎、在线视频和补充在线学习课程。</p>
<p>AI 伦理</p> <p>具身伦理</p> <p>学生预期发展对围绕 AI 的伦理问题的基本理解，包括 AI 对入权、社会正义、包容、公平和气候变化的影响。</p>	<p>CG4.1.2.1 阐述 AI 困境并识别伦理冲突背后的主要原因：基于具体的 AI 工具，引导学生揭示 AI 工具及其使用中的争议。</p> <p>CG4.1.2.2 通过场景促进对 AI 伦理原则及其个人意义的理解：提供学生讨论适合年龄的真实 AI 案例的机会。</p>	<p>包含 AI 争议的案例研究：呈现适合年龄的真实或模拟场景。</p> <p>对伦理困境个人影响的个人或小组反思：让学生就日常生活中使用 AI 可能出现的伦理困境进行讨论。</p>	<p>非数字化学习环境：印刷的故事或案例、练习册和海报。</p> <p>本地可用的 AI 工具。</p> <p>预先下载或录制的视频。</p>

<p>他们将理解、内化并采纳以下原则：不伤害、比例适当性、非歧视、可持续性、人类决定权、透明性和可解释性。</p>	<p>CG4.1.2.3 指导伦理原则的具身反思和内化：引导学生了解伦理原则对其人权、数据隐私、安全、人类能动性以及公平、包容、社会正义和环境可持续性的意义。</p>	<p>搜索和验证"AI 为公益服务"的例子：组织个人或小组搜索支持公共利益的 AI 工具。</p>	<p>搜索引擎、在线视频或案例研究资源。</p>
<p>AI 技术和应用 AI 基础 学生预期发展关于 AI 的基础知识、理解和技能，特别是关于数据和算法方面，理解跨学科基础知识对逐步深化理解数据和算法的重要性。学生还应能够将 AI 概念知识与社会活动和日常生活建立联系。</p>	<p>CG4.1.3.1 示例化 AI 的定义和范围：基于 AI 工具的例子，帮助学生理解什么是 AI 和什么不是 AI。</p> <p>CG4.1.3.2 发展 AI 如何基于数据和算法训练的概念知识：促进学生对机器学习模型如何使用数据和算法训练的基于例子的抽象理解。</p> <p>CG4.1.3.3 培养对 AI 的开放性思维和跨学科基础：使学生获得 AI 方法和研究主题的适当知识。</p> <p>CG4.1.3.4 具体化 AI 设计和使用中的以人为本考量。</p>	<p>基于例子的 AI 定义和范围：调查和实验 AI 工具的例子。</p> <p>从例子到抽象概念的螺旋式学习：使用选定例子指导学生抽象机器学习模型是如何训练的。</p> <p>创新 AI 工具和创新 AI 用途的案例分析。</p> <p>巩固以数学为重点的 AI 多学科基础：帮助学生理解现代 AI 系统植根于数学。</p>	<p>非数字化学习环境：教科书、文章、练习册和印刷材料。</p> <p>在线或下载的视频和介绍 AI 创新的媒体。</p> <p>本地可用的 AI 辅助工具。</p>
<p>AI 系统设计 问题界定 学生预期理解"AI 问题界定"作为 AI 创新起点的重要性。他们应能够从法律、伦理和逻辑角度审视 AI 是否应在某些情境中使用；在尝试训练 AI 模型之前定义问题的边界、目标和约束。</p>	<p>CG4.1.4.1 构建关于何时不应使用 AI 的批判性思维技能：通过例子引导学生发展批判性分析技能，审视为什么 AI 应该或不应该用于解决某些现实挑战。</p> <p>CG4.1.4.2 支持获取和强化界定由 AI 系统解决的问题的技能：基于模拟项目，支持学习和实践识别和界定问题的技能。</p> <p>CG4.1.4.3 发展评估 AI 系统对数据、算法和计算资源需求的技能。</p>	<p>模拟项目建议书评审：组织学生模拟项目建议书的评审和论证过程。</p> <p>模拟新 AI 系统设计的问题界定和论证。</p> <p>数据预处理实验：使用基础数据集和现有 AI 模型的架构。</p>	<p>非数字化学习环境：练习册、纸制案例和 AI 系统设计的打印原型或计划。</p> <p>带互联网连接的数字设备。</p> <p>选定的在线 AI 系统。</p>

4.2 第二级：应用

"应用"级的总体目标是帮助学生构建扎实且可迁移的 AI 概念知识结构和相关技能集，并养成将以人为本的心态和伦理原则应用于指导 AI 工具的评估、学习和实践。

表 3. 第二级"应用"的能力模块

学生能力	课程目标	建议教学方法	学习环境
------	------	--------	------

<p>以人为本 人类问责</p> <p>学生预期认识 AI 创造者和 AI 服务提供商的法律义务，了解他们在 AI 设计和使用过程中应承担的人类问责。他们应培养这样的意识：当使用 AI 辅助对人类有重大影响的决策时，人类问责是法律和社会责任。他们还应增强判断力和态度上的韧性，抵制关于 AI 输出可以取代人类思考和决策的虚假宣传。</p>	<p>CG4.2.1.1 培养人类问责是 AI 创造者和 AI 服务提供商法律义务的认识：利用先备知识和真实诉讼，引导学生理解 AI 创造者和服务提供商应承担的法律和伦理问责。</p> <p>CG4.2.1.2 生成人类问责是 AI 决策中法律和社会责任的认识：引导学生分析用于辅助决策的 AI 工具的能力，批判性地审视某些 AI 工具的真实能力。</p> <p>CG4.2.1.3 培养人类问责需要引导 AI 目的性使用的个人能力的态度：引导学生审视文献综述、写作和艺术创作的自动化如何可能损害人类思维过程和智力发展。</p>	<p>编写 AI 创造者和服务提供商的人类问责指南。</p> <p>调查 AI 辅助决策对人类的影响和 AI 法规中的救济途径。</p> <p>基于场景的 AI 目的性使用实践。</p> <p>辩论 AI 生成内容的所有权。</p> <p>模拟典型 AI 事件和风险管理。</p>	<p>非数字化和/或离线学习环境：印刷案例、角色扮演脚本、视频、练习册。</p> <p>在线 AI 工具，如学习管理系统、社交媒体平台和生成式 AI 平台。</p>
<p>AI 伦理 安全与负责任的使用</p> <p>学生预期能够在符合伦理原则和当地适用法规的情况下开展负责任的 AI 实践。他们应有数据隐私披露风险和安全意识，并采取措施确保其数据仅在知情同意下被收集、使用、共享、存档和删除。</p>	<p>CG4.2.2.1 培养对 AI 负责任使用的自我意识和习惯性合规：说明关于 AI 负责任使用的伦理原则或法规，通过具体 AI 工具和真实场景支持学生迭代构建和更新伦理原则清单。</p> <p>CG4.2.2.2 提供在 AI 负责任使用中加强自律的机会：提供学生了解使用 AI 时的个人、法律和伦理责任的机会。</p> <p>CG4.2.2.3 深化 AI 安全使用知识和当地适用法规意识：引导学生将 AI 的一般安全风险、特定工具的潜在安全风险和典型 AI 事件进行分类。</p>	<p>设计 AI 自律负责任使用的“伦理工具包”：组织起草用户在使用 AI 时需要习惯性检查的伦理工具包。</p> <p>模拟典型 AI 事件和风险管理。</p> <p>用户对 AI 创造者数据隐私政策的评审。</p> <p>辩论 AI 生成内容的所有权和输出。</p>	<p>非数字化学习环境：纸制练习册、海报和伦理原则清单。</p> <p>预先下载的 AI 隐私政策和 AI 法规，以及涉及 AI 的法律或伦理案例。</p> <p>本地可用的 AI 工具。</p> <p>在线 AI 工具，特别是推荐算法和内容生成平台。</p>
<p>AI 技术和应用 应用技能</p> <p>学生预期能够构建关于数据、AI 算法和编程的适合年龄的知识结构，获得可迁移的应用技能。学生预期能够批判性地评估和利用免费和/或开源的 AI 工具、编程库和数据集。</p>	<p>CG4.2.3.1 提供加强数据建模、工程和分析知识与技能的机会：为学生提供基于任务的学习机会，获取关于数据集的适合年龄的知识和技能。</p> <p>CG4.2.3.2 提供获取 AI 编程技术技能的机会：解释使用不同类别 AI 算法的 AI 系统例子。</p> <p>CG4.2.3.3 鼓励学生发展分析和综合技能以利用开源数据集和 AI 工具。</p>	<p>数据偏见实验：提供有和无异常值的数据集，引导学生进行关于异常值如何影响模型的动手实验。</p> <p>针对各种 AI 算法的定制可选模块课程。</p> <p>基于真实任务变体的 AI 黑客松。</p> <p>揭露“AI 将自动化编程，学生不需要学 AI 编程”的说法。</p>	<p>带互联网连接的计算机。</p> <p>计算机版数据集或本地可获取的公共数据集。</p> <p>AI 编程的计算机应用或本地可获取的开源 AI 编程库。</p> <p>计算机版或本地可获取的在线 AI 工具。</p>

<p>AI 系统设计 架构设计</p> <p>学生预期能够培养配置可扩展、可维护和可复用的 AI 系统架构的基本方法论和技术技能，涵盖数据、算法、模型和应用接口层。学生预期发展利用数据集、编程工具和计算资源构建原型 AI 系统所需的跨学科技能。</p>	<p>CG4.2.4.1 构建 AI 架构方法论和技术知识的获取：促进学生获取和练习评估各种 AI 架构的工程思维和操作技能。</p> <p>CG4.2.4.2 支持 AI 系统构建所需的先进技术技能和项目管理能力的准备。</p>	<p>模拟 AI 架构组件的评估：基于问题陈述和可行性研究，促进学生评估 AI 架构的各种框架。</p> <p>模拟利用资源构建 AI 系统：促进学生在本地托管的计算设备或本地可访问的云计算平台上构建模拟 AI 系统。</p> <p>模拟 AI 工程师的企业决策。</p>	<p>展示如何进行 AI 模型伦理和技术评审的视频和指标框架。</p> <p>电脑版或本地可获取的 AI 系统在线示例。</p> <p>AI 编程的计算机应用或本地可获取的开源 AI 编程库。</p> <p>本地托管或开源云计算资源。</p>
---	---	--	---

4.3 第三级：创造

"创造"级的总体目标是挑战和使学生发展高级能力，基于可定制的数据集、编程工具或 AI 模型来配置 AI 解决方案或打造新的 AI 工具，同时考虑开源选项。

表 4. 第三级"创造"的能力模块

学生能力	课程目标	建议教学方法	学习环境
<p>以人为本 AI 社会公民身份</p> <p>学生预期能够建立对 AI 影响人类社会的批判性观点，并拓展以人为本的价值观，促进 AI 的包容性和可持续性设计及使用。他们应能够巩固公民价值观和作为 AI 社会公民的社会责任感。学生还预期能够强化开放性思维和对终身学习和使用 AI 以支持自我实现的终身好奇心。</p>	<p>CG4.3.1.1 培养作为批判性 AI 公民的意识：使学生获得基于证据的关于 AI 作为社会活动支撑基础设施广泛应用的洞察。</p> <p>CG4.3.1.2 培养 AI 社会中的个人和社会责任感：鼓励学生分享关于理想的 AI 社会应是什么样的观点。</p> <p>CG4.3.1.3 培养作为 AI 公民的自我实现感和对 AI 的终身学习态度。</p>	<p>关于包容和公正 AI 社会与 AI 对包容、公正和可持续性威胁之间冲突的案例研究。</p> <p>关于作为 AI 社会公民的个人社会责任的探究。</p> <p>关于 AI 社会中自我实现及其对终身学习影响的案例研究。</p>	<p>非数字化学习环境：练习册、挂图、关于 AI 社会就业和职业发展的报告或视频，以及关于 AI 社会影响和环境影响的印刷分析案例。</p> <p>在线 AI 系统或本地可获取的 AI 工具，用于体验式和分析性测试。</p>
<p>AI 伦理 伦理先行设计</p> <p>学生预期采用伦理先行设计方法进行</p>	<p>CG4.3.2.1 培养对"伦理先行设计"的认识和理解：提供基于冲突的学习机会。</p> <p>CG4.3.2.2 发展对现有 AI 系统和算法背后伦理先行设计</p>	<p>模拟 AI 开发团队中"首席伦理官"的尽职调查。</p> <p>模拟使用"伦理标签"审核选定 AI 工具或算</p>	<p>非数字化学习环境：练习册、挂图和印刷的尽职调查报告、伦理标签和矩阵。</p>

<p>AI 工具的设计、评估和使用，以及 AI 法规的审查和适应。学生了解评估 AI 设计意图涉及审查 AI 生命周期的所有步骤，从概念化阶段开始。学生应能够使用多方利益相关者的伦理矩阵来评估 AI 工具是否合规伦理法规，并审查和告知 AI 法规的适应。</p>	<p>原则的批判性态度。 CG4.3.2.3 培养维护 AI 法规中“伦理先行设计”的社会责任感。</p>	<p>法。 模拟使用伦理矩阵审查 AI 法规并提出适应建议。</p>	<p>本地可用的 AI 工具。 用于伦理分析的在线 AI 系统。 分享 AI 法规和诉讼或法院案例的网站。</p>
<p>AI 技术和应用 创建 AI 工具 学生预期能够深化和应用关于数据和算法的知识和技能，以定制现有 AI 工具包来创建基于任务的 AI 工具。学生预期将以人为本的心态和伦理考量整合到对现有 AI 资源的评估中。他们还预期培养参与 AI 创作所需的社会和情感技能，包括适应性、复杂沟通和团队合作技能。</p>	<p>CG4.3.3.1 挑战和使学生发展基于任务的 AI 工具的高级技能：提供基于任务的学习机会。 CG4.3.3.2 增强学生将 AI 知识和技能应用于定制 AI 工具包和编程的创造力。 CG4.3.3.3 为学生配备测试和优化自创 AI 工具的技能。</p>	<p>基于任务的 AI 编程代码数据集增强。 AI 应用性能测试实验室。 比较通过定制数据集和编程代码创建 AI 工具与通过低代码开发平台构建 AI 应用。</p>	<p>本地可获取的免费和/或开源在线数据集、AI 工具和编程库。 本地可获取的免费和/或开源数据分析工具。 本地可获取的云计算资源。 可信机构或行业机构共享的计算资源。</p>
<p>AI 系统设计 迭代与反馈 学生预期增强和运用跨学科知识和实践方法来评估 AI 模型的人文适当性和方法论稳健性，及其对个人用户、社会和环境的影响。他们应能够获取适合年龄的技术技能，以改善数据集质量、重新配置算法和增强架构以回应测试和反馈结果。他们应能够应用以人为本的心态和伦理原则来模拟关于何时应关闭 AI</p>	<p>CG4.3.4.1 发展批判 AI 系统的技能：提供基于项目的学习机会。 CG4.3.4.2 支持构建在优化、重新配置或关闭 AI 系统方面的技术技能和社会责任感。 CG4.3.4.3 培养学生在 AI 时代的共创者身份感。</p>	<p>模拟 AI 系统的性能测试。 模拟 AI 工程师的企业决策：组织学生扮演 AI 工程师的角色。 与 AI 共创者社区互动。</p>	<p>本地可获取的在线免费和/或开源 AI 工具。 本地托管或本地可获取的云计算资源。 下载和调整的 AI 模型伦理审核和性能测试工具。 适用的 AI 法规或治理框架。 本地可获取的在线协作平台。</p>

系统以及如何减轻其负面影响的决策。			
-------------------	--	--	--

第五章 框架的应用

本章提供关于成功开发和部署课程时可纳入的各类考虑因素的进一步指导。

5.1 将 AI 能力作为国家 AI 战略的基础

各国国家 AI 战略的制定和实施各有不同。约 70 个国家发布了 AI 战略文件，这些文件通常将教育定位为建设本地 AI 人力资源和人才的领域。在拥有成熟国家战略的国家，AI 能力框架可以与现有政策框架对接，作为培养实施 AI 伦理法规所需的以人为本心态和价值观的基础，培养人们成为负责任的 AI 用户和公民，并大规模发展本地 AI 共创者社区。

如果国家 AI 战略已经发布并得到良好实施，AI 能力框架和学生 AI 课程的实施应在 AI 战略的广泛框架内进行规划和行政、财政支持。此类国家战略通常由对 AI 对工作广泛和颠覆性影响的政策回应所触发，涉及 AI 驱动的岗位替代和 AI 支持的就岗创造，以及 AI 应用可能要求的新就业技能前景。对于尚未通过战略的国家，AI 能力框架可以作为触发器，提高对 AI 国家政策以及 AI 能力发展重要性的认识。

5.2 构建跨学科的核心和集群 AI 课程

学生 AI 能力的发展需要整合多种学习和实践渠道，包括国家课程框架内的正式课程、课外项目，以及通过与家庭和当地社区互动的非正式学习。AI 具有跨学科性质，与数学、科学、工程、语言、社会研究、艺术、公民与公民教育、历史等学科有着复杂的内在概念和实践联系。

因此有必要将 AI 能力框架与各国学生综合能力框架对接，审查后者是否需要适应或改革以回应 AI 时代的新要求。在已采用和实施数字或 ICT 能力框架的国家，可考虑适应性方法将 AI 维度整合到其中。

专栏 3：阿联酋 K-12 AI 课程的跨学科方法

"通过涵盖计算机科学、工程、设计、可持续性和视觉传达，教育部的计算、创意设计与创新课程提供了一个全面而简洁的教育框架。它通过培养批判性思维、解决问题能力和创新精神，为学生在这个动态互联的世界中茁壮成长做好准备。"

阿联酋通过将 AI 纳入名为"计算、创意设计与创新"（CCDI）的课程，对 K-12 学校的 AI 课程采取了跨学科方法。通过聚焦 AI，CCDI 课程鼓励学生发展创造力和解决问题的技能；建立对伦理和伦理影响的意识；学习和演练基本 AI 原则和概念；以及实现跨领域知识的交叉融合。

来源：UNESCO, 2024

5.3 选择面向未来且切实可行的 AI 领域作为课程载体

在确定核心和集群 AI 课程的跨学科对齐结构后，课程开发者需要将 AI 能力框架整合到国家或机构的核心 AI 课程中。核心 AI 课程的构建基于 AI 能力的相互关联的关键维度、各维度下

的 AI 子领域，以及作为课程载体的特定 AI 系统。

正如第四章所述，以人为本的心态、AI 伦理以及 AI 技术和应用对所有学生在 AI 时代的生活和工作至关重要，因此应纳入所有 AI 课程。一些领域，如 AI 系统设计，可能更适合对 AI 有强烈兴趣和能力的学生。

5.4 制定适合年龄的螺旋式课程序列

AI 能力框架自然意味着向基于能力的教育的范式转变。基于能力的教育旨在从固定时间和灵活学习过渡到更灵活的时间和固定学习，意味着允许灵活的学习计划，使所有能力水平的学生都能达到预期的精通水平。

本框架不按年级分解学习或活动的进度，而是关注系统应为所有学生寻求达到的出口水平成果。螺旋式课程模式应提供与一组基础 AI 知识的有间隔和迭代的参与，鼓励记忆检索和循环升级的实践以深化理解。

专栏 4: "Day of AI"课程的螺旋式课程序列

麻省理工学院 RAISE 倡议开发的 AI 课程"Day of AI"采用了螺旋式设计方法，围绕"AI 是什么，AI 擅长什么和不擅长什么"、"AI 如何工作"、"机器如何学习"和"机器如何创造"等关键主题组织课程内容。不同年龄的学生获得持续参与"什么是 AI"等主题的机会，同时逐步接触新的或升级的知识和技能，如算法和 AI 编程、可教学机器人和生成式 AI。

更多信息：<https://dayofai.org>

5.5 为 AI 课程构建支持性学习环境

虽然 AI 课程实施所需资源可能因预期课程目标的广度和深度以及当地学校的整体数字就绪水平而异，但基本学习环境需要满足 AI 基本维度和领域有效学习的最低标准。根据教科文组织的报告《K-12 AI 课程：政府认可 AI 课程的图谱》（2022b），面向学生的实施需要以下基本条件，按重要性排序：教师培训和支持、AI 教学资源、需求分析、校本教研、学校更新的数字基础设施，以及通过采购硬件和软件或与私营或第三部门合作分享 AI 设备和系统来提供 AI 资源。

专栏 5: 政府 AI 课程设置的典型支持性学习环境

硬件和机器人技术：AI 课程所需的硬件可能包括计算机、平板电脑、笔记本电脑和互联网接入。并非所有 AI 课程都包含机器人或机器人技术的内容。当机器人学习需要时，课程可以利用免费的在线虚拟应用或本地可负担的套件。

软件：一些课程使用 Ubuntu 开源操作系统作为其他操作系统的更经济替代方案。

编程语言：国家 AI 课程通常利用 HTML、JavaScript、Python、MicroPython、NumPy、R 和 Scratch 等免费编程语言。

AI 技术学习工具：一些工具已被开发或免费开放以促进理解和允许探索复杂概念和 AI 技术。

来源：UNESCO, 2022b, p. 47

5.6 促进 AI 教师的专业化并优化支持体系

如上所述，实施面向学生的 AI 课程最重要的前提条件是教师培训和支持以及 AI 教学资源的提供。实现 AI 能力框架概述的目标将要求教师，特别是 ICT 或 AI 教师，持续发展和更新其学科知识和教学能力。国家和机构的战略规划者需要规划和实施综合方法，改革职前项目以培养合格的 AI 教师，为在职 ICT 或 AI 教师设计和提供基于能力的培训和长期支持，并促进其他核心科目教师的技能提升以培养跨学科 AI 能力。

专栏 6：中国 AI 学科教师的能力框架

在中国，面向 AI 学科教师的 AI 能力框架由华东师范大学国家教育学院和腾讯共同开发。它定义了 AI 教师的综合能力集，涵盖六个维度：理解与意识、基础知识、基本技能、问题解决能力、教学实践，以及伦理与安全。

更多信息：http://www.jyb.cn/rmtzcg/xwy/wzxw/202203/t20220325_686401.html

5.7 指导基于群体的教学活动设计与组织

AI 能力发展是一个三螺旋组合，跨越价值观和伦理原则的社会情感学习、AI 概念知识的自主和协作构建，以及应用和共创 AI 工具的实践技能。需要创新教学方法的组合来帮助学生在三个能力螺旋中共同进步。

在选择或设计教学方法时，还需考虑各维度特定的教学实践需求：

- 以人为本价值观和心态的培养本质上建立在社会情感学习过程之上，需要基于冲突的意见表达、社会建构和社会互动。
- 伦理学习是通过实践案例研究、基于场景的批判性评估、情境应用和协作规则制定来理解抽象原则和法规的过程。
- AI 技术和应用代表了一个将 AI 概念知识的实践导向构建与真实任务应用无缝融合的领域，需要真实的 AI 工具作为构建 AI 技术和知识体系的基础。
- AI 系统设计模拟真实世界的工程项目，涉及创建、实现和迭代 AI 系统的生命周期，以实践工程思维过程和培养综合问题解决技能。

专栏 7：MIT 面向初中生的 AI 伦理课程教学方法

由 Blakeley H. Payne 在 MIT 媒体实验室个人机器人组（Cynthia Breazeal 指导）的支持下创建了面向初中生的 AI 伦理课程。该课程面向 12 至 14 岁、AI 学习旅程处于初期的学生，可在线上 and/或线下实施。

该课程体现了以学生为中心和探究式的方法，学习成果形成一个循环：初始定位或信息收集支持学生建立新主题的知识体系；概念化阶段，学生开始围绕 AI 的目的形成假设；调查阶段，学生深入研究不同视角、利益、价值和风险；最终通过项目式方法开发潜在解决方案原

型。

课程包括六个核心目标，通过不同的在线或线下活动来追求。

来源：改编自 Payne, B. H. 2019

5.8 构建基于能力的评估体系

对学生 AI 能力的评估自然需要使用基于能力的评估，需要适应 AI 多维度特殊性和整合性。为此类评估设计的方法和工具是基准学生起点、衡量 AI 关键维度精通水平以及为评估教学实践和 AI 课程整体实施效果提供参考所必需的。

AI 能力框架将 AI 能力解读为可测量的学习成果，并为每个能力模块概述了预期的出口水平行为表现。这些可以作为构建预定义基准标准的依据，据此创建基于标准的评估项目库，用于衡量学生群体的精通水平。

各维度特定评估的重点按三个进阶水平划分如下：

能力维度	第一级：理解	第二级：应用	第三级：创造
以人为本的心态	基于冲突的意见表达	基于冲突的批判性评估	基于冲突的社会行动
AI 伦理	基于场景的伦理价值取向	基于场景的伦理行为	基于场景的规则制定
AI 技术和应用	基于问题的 AI 知识和理解	基于工具的概念洞察和可迁移操作	基于任务的工具创建
AI 系统设计	基于项目的设计思维	基于项目的系统配置	基于项目的迭代

结论

AI 能力框架（面向学生）基于关于教育在回应当今世界 AI 广泛应用中角色的三个基本假设，规划了一个行动导向的方案。

第一，教育部门不应仅仅是适应 AI 系统和工具，而必须主动发展塑造伦理和环境友好型 AI 所需的能力。第二，学生应具备既作为批判性和负责任的使用者，又作为 AI 共创者，以及在定义和设计下一代 AI 技术中发挥领导作用的能力。第三，学生的 AI 能力应围绕以人为本的心态和态度、内化的 AI 伦理、可迁移的 AI 概念知识和技能，以及面向 AI 系统设计的面向未来的思维的融合来构建。

AI 能力框架是首次尝试提供全球蓝图来指导以人为本的 AI 相关学习融入课程的框架。在国际层面的专业知识和磋商的指导下，该框架作为全球参考，在不同地方教育情境中进行调整。因此，该框架是一份动态文件，需要根据在不同情境中的实践分析以及将出现的新 AI 技术迭代持续审查。

参考文献

IEA. 2022. World Energy Statistics and Balances. Paris, International Energy Agency (IEA).

IEA. 2024. Electricity 2024. Paris, International Energy Agency (IEA).

Ministry of Science and ICT, Republic of Korea. 2019. "IT 강국을 넘어 AI 강국으로!"

Patrick, S. and Sturgis, C. 2017. An Introduction to the National Summit on K-12 Competency-Based Education. Arlington, Aurora Institute.

Payne, B. H. 2019. An Ethics of Artificial Intelligence Curriculum for Middle School Students. Cambridge, MIT Media Lab.

UNESCO. 2019. Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education. Paris, UNESCO.

UNESCO. 2021. Reimagining our futures together: a new social contract for education. Paris, UNESCO.

UNESCO. 2022a. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris, UNESCO.

UNESCO. 2022b. K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula. Paris, UNESCO.

UNESCO. 2024. AI in the United Arab Emirates' computing, creative design and innovation K-12 curriculum: a case study. Paris, UNESCO.

Williams, R., Kaputsos, S. P. and Breazeal, C. 2021. Teacher Perspectives on How To Train Your Robot: A Middle School AI and Ethics Curriculum. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, Vol. 35, No. 17.

World Bank. 2023. Green Digital Transformation. Washington, DC, World Bank.

World Bank and ITU. 2024. Measuring the Emissions & Energy Footprint of the ICT Sector. Washington, DC, World Bank and Geneva, ITU.

尾注

1. AI 中的比例适当性原则包含这样的理念：AI 系统的设计和部署应适当平衡风险和收益，尊重人权，与社会价值和利益保持一致。详见《AI 伦理建议书》（UNESCO, 2022a）。
2. 参见 <http://yann.lecun.com/exdb/mnist>
3. 参见 <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>
4. 参见 <https://www.image-net.org/index.php>
5. 参见 <https://teachablemachine.withgoogle.com>
6. 参见 <https://pytorch.org>
7. 参见 <https://keras.io>
8. 参见 <https://pypi.org/project/beautifulsoup4>
9. RAISE 代表 "Responsible AI for Social Empowerment and Education"（负责任 AI 促进社会赋权和教育）
10. 参见 <https://ubuntu.com>
11. 参见 <https://machinelearningforkids.co.uk>
12. 参见 <https://teachablemachine.withgoogle.com>
13. 参见 <https://www.tensorflow.org>
14. 参见 <https://keras.io>
15. 参见 <https://everyday-ai.org/resources/search>
16. 参见 <https://www.aiunplugged.org>
17. 参见 <https://iste.org/blog/3-unplugged-activities-for-teaching-about-ai>
18. 参见 <https://raise.mit.edu/daily>