

人工智能发展下的嵌入式系统教学与人才培养探索

严海蓉¹, 朱绍涛¹, 刘 钊²

¹北京工业大学计算机学院, 北京

²沧州师范学院计算机科学与工程学院, 河北 沧州

收稿日期: 2025年8月25日; 录用日期: 2025年10月20日; 发布日期: 2025年10月29日

摘 要

人工智能飞速发展必然带动嵌入式系统的发展。人工智能与嵌入式系统的融合的人才有哪些特点, 该如何培养是当前高校所面临的问题。本文分析了人工智能与嵌入式系统的融合人才的特点: 系统优化思想、具备神经网络新知识、交叉学科创新、跨学科自学等。再针对这些特点, 提出了建议的新课程体系和一些可行的培养方法。

关键词

人工智能, 嵌入式系统, 人才培养, 教学改革

Exploration of Teaching and Talent Cultivation in Embedded Systems under the Development of Artificial Intelligence

Hairong Yan¹, Shaotao Zhu¹, Zhao Liu²

¹School of Computer Science, Beijing University of Technology, Beijing

²College of Computer Science and Engineering, Cangzhou Normal University, Cangzhou Hebei

Received: August 25, 2025; accepted: October 20, 2025; published: October 29, 2025

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence is bound to drive the development of embedded systems. What are the characteristics of talents integrating artificial intelligence and embedded systems, and how to cultivate such talents has become a challenge for higher education institutions.

文章引用: 严海蓉, 朱绍涛, 刘钊. 人工智能发展下的嵌入式系统教学与人才培养探索[J]. 嵌入式技术与智能系统, 2025, 2(3): 169-175. DOI: 10.12677/etis.2025.23014

This paper analyzes the characteristics of talents needed for the integration of artificial intelligence and embedded systems, including systems optimization thinking, knowledge of neural networks, interdisciplinary innovation, and cross-disciplinary self-learning. Based on these characteristics, a proposed new curriculum system and some feasible cultivation methods are suggested.

Keywords

Artificial Intelligence (AI), Embedded Systems, Talent Cultivation, Teaching Reform

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

随着近年来人工智能的快速发展，嵌入式系统的教学和人才培养也提出了新的挑战。人工智能(Artificial Intelligence)，英文缩写为 AI，可以理解成仿人智能。人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新技术科学。人工智能是计算机科学的一个分支，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器，该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等[1]。

人工智能技术的迅猛发展产生了巨大人才缺口，使得培养该领域人才的任务变得紧急。很多高校从 2024 年以来都逐渐开出了人工智能通识课。多地教育厅已发文，要求 2025 年秋季起，把“人工智能通识课”列为全体本科新生必修课。甚至中小学也在抓紧部署人工智能课程，教育部基础教育教学指导委员会发布《中小学人工智能通识教育指南(2025 年版)》和《中小生成式人工智能使用指南(2025 年版)》，推进人工智能全学段教育。

嵌入式系统(Embedded System)本身就是以应用为中心，刚好为 AI 提供了“物理载体”，而 AI 则赋予嵌入式系统“智能灵魂”。二者的结合正在重塑物联网、机器人、汽车、医疗等领域的底层技术逻辑。嵌入式系统所面临的针对人工智能的改革其实是相关具身智能、机器人、智能化的具体的应用需求。

由此带来未来发展的“人工智能 + 嵌入式”人才巨大缺口，嵌入式系统教学首当其冲地必须担负起这样人才的培养责任。

在新工科建设背景下，传统嵌入式课程存在内容单一、实践不足、与 AI 脱节等问题[1] [2]，亟需构建兼顾 AI 算法与嵌入式软硬件的交叉培养体系。但嵌入式系统发展也没几年，人工智能技术迅猛发展也是近几年的事，世界高校都面临同样的人工智能技术爆发浪潮，没有较多海内外经验可以借鉴。本文仅鉴于国内外的一些高校做法[1]-[4]和作者个人的研究和项目经验，对其进行总结和归纳提炼，归纳出人工智能对嵌入式人才的需求点，从而探讨出一套人工智能 + 嵌入式系统的教学体系。

2. 人工智能发展拉动嵌入式人才培养

近年来各种新学科的爆发和繁荣，究其起源，都来自嵌入式系统和物联网学科快速发展。嵌入式系统是支撑物联网的底层，承担着对物理世界信息的采集、传送和改变的作用，对应于传感器、无线网络和执行机构技术的发展而发展。这些底层系统的建设，使得物理世界到虚拟世界映射时每天的数据量惊人，从而促进了“云 - 边 - 端”系统框架、云计算、大数据、人工智能和机器学习等学科快速发展。这些学科的发展最终必将使得“元宇宙”的实现越来越近。

如图 1 所示一样，嵌入式系统对其他学科而言是树干部分，每个学科都是树的分叉部分，每个叶子或者果实都是该学科的某个研究领域。果子或者叶子的快速增长，必然对树干提出新的养分输送要求，就如对人才输送的要求一样。嵌入式学科的人才对于支撑各学科发展都至关重要。

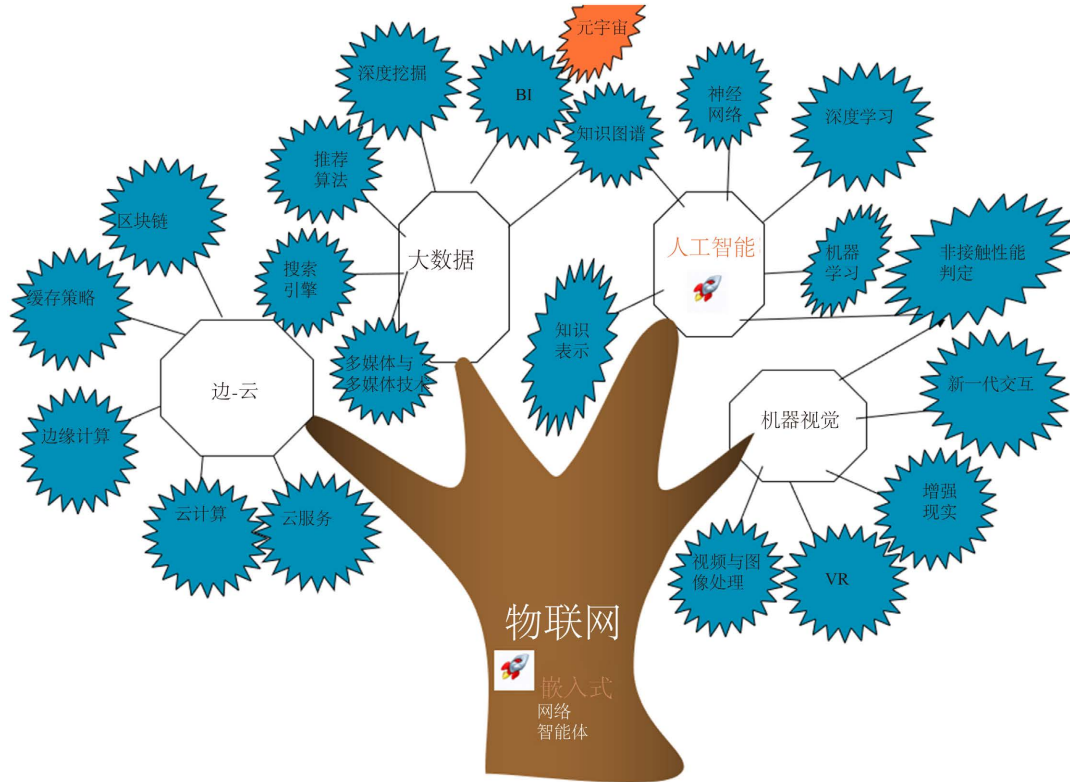


Figure 1. Interrelationship among different disciplines
图 1. 学科之间的相互关系图

2.1. 人工智能对嵌入式系统提出的新人才需求：系统优化人才

人工智能是来自对人的智能的模仿。内观我们人的智能，基本可以分为“感知 - 预测 - 判断 - 行动”4 个大部分。

比如对于手快被火柴烧到这个示例。眼睛会感知到“火焰”；然后会根据个人的经验内在模型产生预测，“火焰是否会烧到手，还有多久烧到？”；然后判断，是要马上吹灭火，还是扔掉火柴，还是继续观察时机？；最后执行行动，吹灭火。

该示例对应到人工智能来说，就需要用机器视觉学科技术来“看到”，然后根据某个模型(数学模型、神经网络模型等)产生预测，然后再用决策学科的某项技术进行判断，然后再利用比如云、边、端框架来传输执行某个指令。

在上面的示例中，归结到硬件上感知需要摄像头、DSP 芯片；预测模型和决策模型需要计算芯片、计算设备；执行需要执行器、各类机器人等。这些都是嵌入式系统从软件到硬件的配合。而这些其嵌入式需要系统的优化来完成整体目标，为此需要系统优化人才。

2.2. 从机器视觉发展看，需求神经网络等新知识人才

人的感知有 60%以上来自视觉，因此视觉对于人工智能来说也是非常重要的部分。下来沿着机器视

觉的发展来说明人工智能对机器视觉的影响，从而也描述如何影响到嵌入式系统。

Scene analysis (in early years)、Image understanding、Robot vision、Machine vision、Computer vision、Deep Learning for Computer Vision，这些英文名词也说明了机器视觉的发展历程。从最早在工厂场景中发展出来让机械臂和机器人对周围环境的理解，到图像理解，到机器人视觉，到机器视觉到计算机视觉到目前的深度学习机器视觉的发展过程。

对目前国外的图书调研分析如表 1。

Table 1. Analysis of foundational texts in machine vision
表 1. 基本机器视觉领域的图书分析

图书名/课程名	作者	出版年份	主要目的	图书内容
Robot vision	伯特霍尔德·霍恩	1986 年	生成一个关于被成像物体(或场景)的符号描述	图像处理、模式分类、场景分析
Image process, Analysis and Machine vision	米兰·桑卡 (Milan Sonka)等	1993 年	电子化感知和理解图像复制人类视觉的效果	数字图像处理、计算机视觉、图像分析与理解
Deep Learning for computer vision (2025 斯坦福课程)	Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville	2025 年	深度理解图像并能人工合成生成图像	图像基础理论、深度学习、目标检测与识别、图像生成与风格迁移、典型应用

通过表 1 可以看到，针对机器视觉领域的知识点在不断扩大，关于神经网络、深度学习、图像生成等的人工智能新研究都在不断扩展进入其中，为此，和机器视觉主要相关的摄像机的硬件技术等虽然也在变化，但近几年来没有与软件相关的技术发展更快，融入新知识更多。

从以上分析可以看出，嵌入式被人工智能推动后，更需要了解神经网络等模型新知识的人才。

2.3. 从项目经历看，需要学科交叉人才(相关学科交叉) + 自学型人才(跨学科应用)

从个人的科研项目经历，做过“牛脸识别系统”、“混凝土性能识别系统”、“工厂 MES 工作单元系统”、“蕾丝纺织缺陷检测系统”和“心血管 IVUS 检测系统”等项目。

这些项目的共性是都有各自的学科背景，比如畜牧业、混凝土行业、工业、医疗等。在这些项目里首先需要跨学科地学习一些基础知识，这就需要有能够快速学习的自学型人才。跨学科是需要了解和与其他学科人员能够顺利沟通。

其次，这些项目都有“云、边、端”的划分。云边端发展需要学科交叉人才，比如在“云”的开发过程需要有服务器与嵌入式交叉型人才，能够将服务器、云计算知识与嵌入式相连，设计出好用的云端系统；“端”则需要自动控制与嵌入式交叉人才，既要了解机械部分又要对嵌入式非常了解；“边”则需要计算机或者单板机与嵌入式交叉。交叉的目的是要创新融合出新的解决方案。

比如随着人工智能的发展，交叉嵌入式后，“边”这里就既有人工智能驱动的边缘计算，也要有边缘计算服务的人工智能。两者侧重点不同，但都会产生新的技术，比如人工智能驱动的边缘计算就催生用户迁移技术发展，边缘计算服务的人工智能就催生对模型分发的研究。

而这些交叉人才的需求，侧重的是人才的知识学习和创新能力。

2.4. 所需要人才的知识面更广

同时，根据这些项目，由于人工智能对软件发展更有冲击力。所需要的软件人才培养的目标可以定位为面向智能终端、自动驾驶、工业控制等场景，培养既掌握人工智能算法，又具备嵌入式系统硬软件

同设计能力的复合型工程师。毕业生应能完成“算法建模→模型压缩→芯片/板级部署→实时优化”全栈开发。

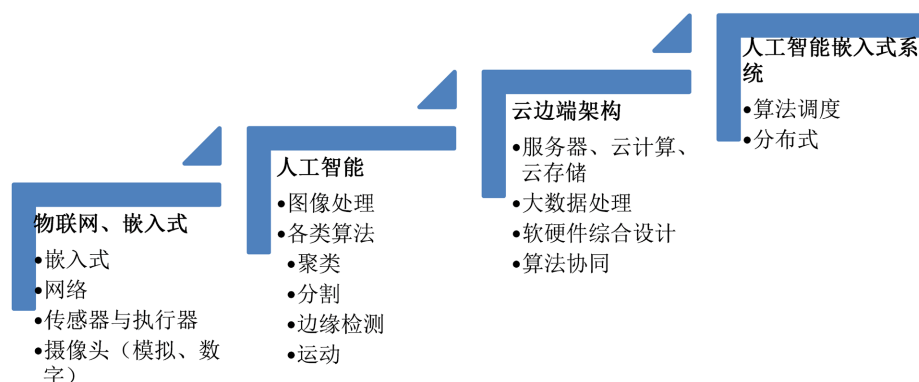


Figure 2. Knowledge requirements for software-focused talent derived from project analysis
图 2. 针对所做过项目归纳出所需要的偏软件人才培养所需要的知识面

如图 2 所示，这些知识面，明显跨度很大，交叉了很多学科。已不是原来传统的计算机专业、嵌入式专业、电子专业所能覆盖了。

3. 面向人工智能发展对人才的要求和一些应对方法

基于以上的需求，根据多年的教学经验，提出一些应对方法。

1) 一套人工智能与嵌入式融合的课程体系

虽然未来是需要“AI 原生嵌入式”人才的，但人才培养系统的变动不可能全盘从头再来。只能是基于目前的课程体系，增加有一些人工智能特点的课程，来与原来嵌入式融合。

学校可以根据现有的课程体系，适当增加三个部分：电类理解基础课、软件理解基础课与人工智能特色专业课程的相关课程，以适应人工智能和嵌入式融合发展。如图 3 所示。

“人工智能导论”课程目前已成为各专业的通识课程，在一年级开设。建议同时开设“Python 程序设计”，以便于学生们进行人工智能的实践。

在开设“嵌入式微处理器”“嵌入式系统”和“嵌入式操作系统”同时，开设“最优化方法”，培养学生最优化的思想。

在开设“模式识别与机器学习”课程后可以开设“计算机视觉”，然后以“边缘计算与嵌入式 AI”为后续融合课程。

最后在综合设计里增加“FPGA 的软硬件综合设计”让学生了解软硬一体、互相替换的系统性思想。

“大语言模型原理与应用”与“工业机器视觉”是扣紧时下新技术发展的扩展知识课程。以保持整个课程体系与现时科学发展、社会热点一致。

软件理解与电类理解课程是选取的成系统的核心骨干课程构成。可以根据本专业的性质选择偏软或者偏电类，对自己的课程体系进行补充完善。

2) 新型的课程教材和 AI 辅助教学方便学生自学

目前看到比较好的新型教材有清华大学出版社的新形态教材。该类教材在原来纸质书的章节上印上二维码，方便学生学习时候通过微信“扫一扫”，直接链接到视频课程。

同时，很多高校也在开展 AI 的辅助教学研究，产生了一大批 AI 或者仿真课程。学生可以通过相关的课程网站来学习。

人工智能嵌入式人才课程拓扑图

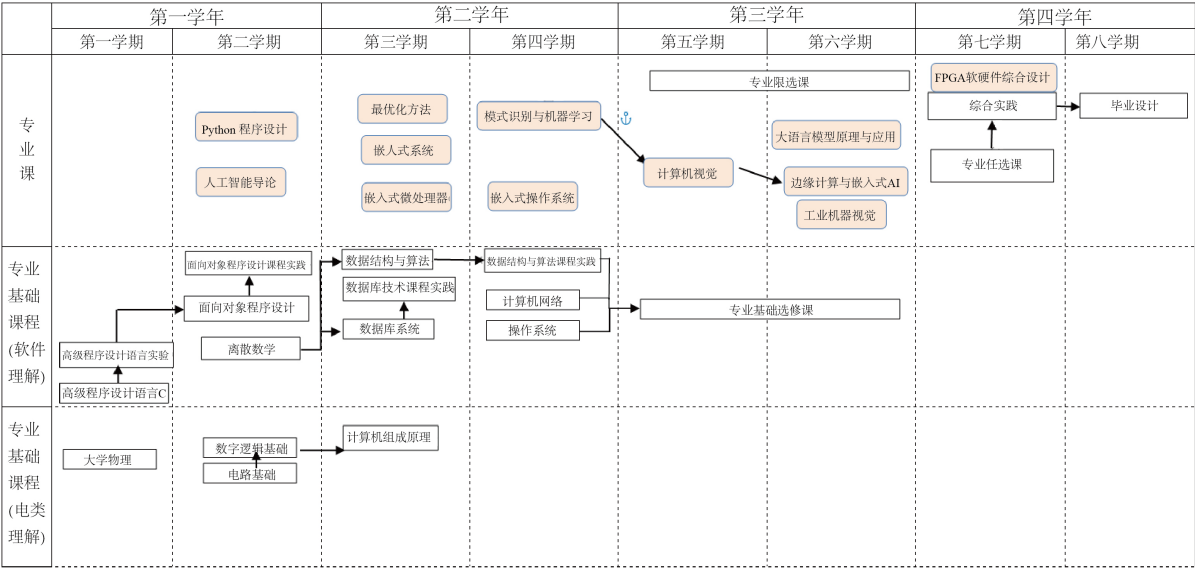


Figure 3. A proposed curriculum structure for AI-embedded systems talent
图 3. 一个可能的人工智能嵌入式人才课程拓扑图示例

这些方式，可以助力学生自学知识点，是很好的课堂辅助。

3) 多课程知识连接的知识图谱课培养学生学科交叉意识

例如将“操作系统”与“嵌入式操作系统”课程通过对知识点梳理，构建了知识图谱课程，通过知识图谱，使得学生可以在学习某个知识点的同时，关联到其他相关知识，选取自己喜欢的学习方式漫游到其他知识点。该方式下 每个同学的学习路径可以不同，从而补充了课堂知识传授的单一路线问题。让同学们自己选择缺失知识进行学习，增加学习效率。

4) 竞赛学分制带动培养自学学习习惯和创新意识

竞赛是一种很好的驱动自主学习的方式。很多同学通过竞赛会带动自己学习课堂以外的知识，同时也通过竞赛将课堂的知识进行串联，从而构建成为自己的个人的知识体系。

而竞赛获奖一定需要有创新性，也会激发同学们对创新的思考，这也是一种创新意识的培养。将竞赛放进学分系统，学生参赛将获得毕业必须的创新学分，从而也保证了全体学生的积极参与。

4. 结论

我国该方面人才培养的总的思路是从“嵌入式 + AI”到“AI 原生嵌入式”人才培养，以匹配我国该方面技术国产替代、自主研发的人才需求。人工智能融合嵌入式带来人才在具备系统优化思想、能够交叉学科创新、拥有神经网络新知识、具有强自主学习能力等方面的人才培养需求。为此，课程体系的改变是必须的，但仅仅依靠课程是不足的。新的课程手段比如新形态教材、知识图谱课程、竞赛学分制等方式是以上人才培养的一个可行之路。

参考文献

[1] 管芳, 刘涛, 赵中华, 等. 新工科背景下的嵌入式系统课程教学改革研究[J]. 大学教育, 2025(6): 55-60.

[2] Piedad, E.J. (2024) Strengthening Artificial Intelligence-on-Edge Education in the Philippines: A Teacher-Centric Curriculum Development Strategies. 2024 IEEE 13th International Conference on Engineering Education (ICEED), Kanazawa,

19-20 November 2024, 1-6. <https://doi.org/10.1109/iceed62316.2024.10923809>

- [3] 毕盛, 董敏, 冼进, 汪秀敏. 结合人工智能技术的嵌入式系统教学改革[J]. 当代教育实践与教学研究, 2024(10): 73-76.
- [4] Mo, T., Li, W. and Zhang, L. (2025) Teaching Practice and Innovation in the Professional Master's Degree Program in Electronic Information at Peking University in the Era of Artificial Intelligence. 2025 *IEEE International Conference on Software Services Engineering (SSE)*, Helsinki, 7-12 July 2025, 226-232. <https://doi.org/10.1109/sse67621.2025.00037>