

人工智能在集成电路版图设计课程教学评价中的应用研究

李亮, 汪义旺

苏州职业技术大学 电子信息工程学院, 江苏 苏州 215104

DOI: 10.61369/ETR.2026150047

摘 要 : 集成电路版图设计是微电子和集成电路专业人才培养的核心课程, 教学评价对于提升教学质量至关重要。目前课程评价方法普遍存在主观性强、效率低下、反馈滞后等问题, 难以满足对学生复杂工程实践能力进行精准、及时评估的需求。为了解决这些问题, 本研究探索将人工智能技术应用于该课程的教学评价实践。研究首先分析了集成电路版图设计课程的教学特点及现有评价的不足, 明确了引入人工智能进行辅助评价的必要性和改进方向。设计并实现了一个融合机器学习与知识库技术的教学评价框架, 该框架构建了涵盖理论知识掌握度、实践操作能力、设计创新性等多维度的评价指标体系, 能够自动处理和分析学生的学习过程数据及设计成果。实验结果表明, 相较于传统评价方式, 该人工智能辅助方法在某种程度上提升了评价效率, 缩短了反馈周期, 并且在评价的全面性和细节捕捉方面展现出潜在优势, 能够提供更为个性化的学习分析报告。

关 键 词 : 人工智能; 集成电路版图设计; 智能评价; 机器学习; 数字化教育

A Study on the Application of Artificial Intelligence in the Evaluation of Integrated Circuit Layout Design Courses

Li Liang, Wang Yiwang

School of Electronics and Information Engineering, Suzhou Polytechnic University, Suzhou, Jiangsu 215104

Abstract : Integrated circuit layout design is a core course for microelectronics and integrated circuit talent training, and its teaching evaluation is crucial to improving teaching quality. However, current course evaluation methods generally have problems such as high subjectivity, low efficiency, and delayed feedback, which make it difficult to meet the needs for accurate and timely evaluation of students' complex engineering practical abilities. To address these issues, this study explores the application of artificial intelligence technology to the teaching evaluation practice of this course. The study first analyzed the teaching characteristics of integrated circuit layout design courses and the shortcomings of existing evaluations, and clarified the necessity and improvement direction of introducing artificial intelligence for auxiliary evaluation. On this basis, a teaching evaluation framework that integrates machine learning and knowledge base technology is designed and implemented. This framework constructs a multi-dimensional evaluation index system covering theoretical knowledge mastery, practical operation ability, design innovation, etc., and can automatically process and analyze students' learning process data and design results. Experimental results show that compared with traditional evaluation methods, this artificial intelligence-assisted method improves evaluation efficiency to a certain extent, shortens the feedback cycle, and shows potential advantages in comprehensiveness and detail capture of evaluation, and can provide more personalized learning analysis reports.

Keywords : artificial intelligence; integrated circuit layout design; smart evaluation; machine learning; digital education

引言

集成电路版图设计作为微电子与集成电路专业的核心课程, 教学效果直接影响学生工程实践能力的培养。目前该课程教学评价面临挑战: 传统评价方式如作业批改和期末考试, 往往依赖教师主观经验, 难以精准量化学生在复杂版图设计中的布局合理性、信号完整性分析等核心能力。同时, 课程实践性强、技术迭代快的特点, 使得评价反馈普遍滞后, 无法及时指导学生调整学习策略, 制约了教学质

量的提升。

人工智能技术（AI）在教育领域的应用展现出巨大潜力。生成式人工智能能够处理海量文本与图像数据，为自动化评阅学生设计报告和版图作品提供了可能^[1,2]。机器学习算法擅长从历史数据中挖掘模式，有助于识别学生学习过程中的薄弱环节，实现个性化学习路径推荐^[3,4]。知识图谱技术则可构建专业知识体系，辅助评价学生对版图设计规则、工艺约束等知识点的掌握深度与关联性^[5,6]。这些技术特性为解决传统评价的局限性——如效率低下、反馈延迟、标准不一——提供了新的思路。

基于上述背景，本文旨在构建一个融合人工智能技术的集成电路版图设计课程教学评价框架。研究目标聚焦于：一是利用机器学习模型自动分析学生设计作业，实现版图质量（如布线密度、时序收敛性）的客观量化评估；二是通过自然语言处理技术解析设计报告，评估其技术论述的逻辑性与创新性；三是建立动态评价指标体系，实时反馈学生学习状态，支持教学决策优化^[4,7]。本文的创新点在于将人工智能深度嵌入工程实践类课程的评价全流程，探索一种适应高技术复杂度课程的高效、精准、个性化的评价新模式，为提升工程教育质量提供实证参考^[8]。

一、人工智能与教学评价的理论基础

（一）人工智能技术概述

人工智能技术作为目前科技发展的重要方向，核心在于通过算法模拟人类的认知能力。在教育实践领域，人工智能技术展现出广泛的应用前景。在教学评价环节，基于自然语言处理和机器学习算法的智能评测系统能够对学生的作业文本、程序代码甚至设计报告进行语义层面的深度分析，自动识别知识点的掌握程度、逻辑的严密性以及创新点的价值^[2]。这种自动化评测大大减轻了教师负担，同时提升了评价的效率与客观性。

人工智能技术在教育评价领域的这些创新实践，为深入研究其在集成电路版图设计这类强实践性课程中的深化应用提供了必要的技术支撑和可借鉴的经验范式。将智能评测应用于版图设计作业的自动化检查与评分，或者利用知识图谱关联复杂的设计规则与课程知识点，都是潜在且有价值的探索方向。这些技术的合理融入，有望突破传统评价模式的局限，实现更及时、更精准、更具指导性的教学反馈奠定基础。

（二）教学评价的理论与方法

教学评价作为教育质量保障的核心环节，理论支撑与实践方式深刻影响着教学效果。本文将梳理相关基础理论并分析其在特定课程中的应用需求。教学评价理论中，形成性评价与总结性评价构成主要区分维度^[9]。目前集成电路版图设计课程的教学评价实践中，传统方法暴露了局限。传统方法难以精准捕捉和量化学生在复杂电路设计规则理解、布局布线优化能力、创新性方案构思等高阶工程实践素养方面的表现。这与集成电路版图设计课程的强实践性、知识更新迭代快、强调综合问题解决与创新能力培养的核心特点形成了尖锐矛盾。该课程要求学生不仅掌握扎实的理论知识，更需具备将理论转化为符合严苛物理规则与性能要求的版图实现能力，这种能力的形成需要持续、精准的过程性反馈与针对性指导^[6]。目前集成电路版图设计课程教学评价体系分析如图1所示。



图1 集成电路版图设计课程教学评价体系分析图

该评价体系分析框架图以教学评价基础理论为逻辑起点，明确形成性与总结性评价的功能差异及有机结合的理想模式；随后聚焦集成电路版图设计课程，逐层梳理传统评价的四大核心局限，结合课程强实践等核心特点推导适配性评价需求；最终指向人工智能技术的赋能方向，完整呈现从理论铺垫、问题识别、需求锚定到AI驱动解决方案的逻辑链条，直观展现了人工智能应用于该课程教学评价的必要性与实施路径，为构建适配课程特点的智能评价体系提供清晰指引。

因此，针对集成电路版图设计课程，亟需构建能够克服上述缺陷的评价体系。其核心需求在于：第一，提升评价的客观性与一致性，降低主观偏差；第二，大幅缩短评价周期，实现对学生学习表现的实时或近实时反馈，以支撑形成性评价的有效落实；第三，发展能够深度解析学生设计作品、精确评估其复杂工程实践能力和创新思维的评价维度与手段^[7]。这些需求指向了评价过程自动化、数据化、智能化的必然方向^[9]。人工智能技术，在模式识别、数据挖掘与自动化决策方面的能力，为解决传统评价方法的局限性提供了新的理论可能性和技术路径^[10]。人工智能驱动的方法有望实现对复杂设计作品的自动化分析、学生能力短板的智能诊断以及个性化学习路径的精准推荐，从而为高效、精准的教学评价提供坚实基础。

二、集成电路版图设计课程的教学特点与评价需求

（一）课程教学特点分析

集成电路版图设计课程教学特点如图2所示，共分为教学内容融合性高、实践操作性强、能力培养目标综合化三大核心维度，各维度特征共同凸显了传统教学评价的局限性，为人工智能技术引入课程教学评价环节提供了明确的需求导向与应用空间。



图2 集成电路版图设计课程教学特点架构图

集成电路版图设计课程的教学特点主要体现在教学内容融合性高、实践操作性强以及能力培养目标综合化三个方面。从教学内容来看,该课程不仅要求学生深入理解半导体物理、器件原理、电路设计等理论知识,更需要掌握 EDA 工具操作、工艺规则约束解读以及版图几何图形绘制等具体技能。这种理论与实践的紧密交织,使得课程内容具有跨学科特征,学习难度较大,单一的理论考核难以全面反映学生的真实掌握水平。要求教学内容必须紧跟行业前沿动态,这对教学评价的时效性和适应性提出了较高要求。

实践环节是课程的核心组成部分,教学特点表现为工程实践性强、操作细节要求严苛。学生需要完成大量上机操作,进行版图绘制、设计规则检查、版图验证、寄生参数提取以及后仿真等任务。这些实践环节对学生的空间想象力、操作规范性以及问题解决能力有很高要求。传统的评价方式往往依赖教师人工审阅作业或报告,效率低下且难以对操作过程进行全程记录和精准量化分析。

在学生能力培养目标上,该课程强调培养多维度综合能力。除了基础的知识掌握和实践技能操作外,课程还致力于培养学生的工程思维、创新意识、严谨细致的职业素养以及对复杂问题的分析解决能力。现有的教学评价方法,往往侧重于知识点的记忆或最终结果的呈现,难以深入评价学生在实践过程中的思维活动、创新能力表现以及工程素养的形成^[9]。这种评价的局限性,使得构建能够有效评估高阶思维和实践过程的动态化、精细化评价体系显得尤为必要,也为人工智能技术引入评价环节提供了明确的需求指向和应用空间。

（二）现有教学评价的问题与改进方向

目前集成电路版图设计课程的教学评价普遍存在几个关键不足。评价的主观性较强是首要问题,教师对设计作业、实验报告的评分易受个人经验和偏好影响。评价效率较低,传统的人工批改方式难以应对学生提交的大量复杂版图文件和仿真数据,教师需耗费大量时间进行细节检查,造成评价周期过长。反馈严重滞后,学生通常需等待数周才能获得评价结果,此时课程已进入新模块,错失了基于反馈及时调整学习策略的最佳时机。现有评价多聚焦最终成果,对学生设计过程中的逻辑推理、问题解决等高阶思维能力的评估较为薄弱。

人工智能技术为解决上述问题提供了新的可能。在改进方向上,首要目标是实现自动化评测。通过训练机器学习模型识别版图设计中的规则违反(如 DRC 错误)、电气特性异常(如连接违规)等,可自动完成基础技术指标的客观检测,提升批改效率并减少人为偏差。构建实时反馈机制是关键突破。利用自然语言处理技术分析学生在设计平台的操作日志和提问内容,系统可即时生成针对性提示(如“目前布线间距可能违反最小设计规则”),使学生能够边实践边调整,强化学习过程的动态指导。推动个性化分析是深度发展方向。基于知识图谱技术关联学生多次作业、测试及实验数据,系统可生成个体能力画像,精准识别薄弱环节(如特定工艺下的版图优化能力不足),并推送定制化的学习资源(如相关案例库或针对性训练题),实现从统一评价向个性化诊断

的转变。这些改进方向共同指向建立更智能、高效且以学生发展为中心的新型评价范式。

三、人工智能在课程教学评价中的应用框架

（一）基于人工智能的评价模型设计

本文基于教育评价理论中的多元智能理论和形成性评价原则,结合集成电路版图设计课程高度工程化、实践性强的特点,构建了一种融合机器学习与知识图谱的教学评价模型。该模型架构采用分层设计:底层为多源数据采集层,整合学生在 EDA 工具操作日志、版图设计作业文件、在线测试成绩及课堂互动文本;中间层为核心处理层,嵌入知识图谱模块与机器学习分析模块;顶层为评价反馈层,生成可视化评价报告。数据输入形式涵盖结构化数据(如 DRC 规则检查通过率、布线完成时间)与非结构化数据(如设计报告中的问题描述),输出形式则包括量化能力雷达图(标注版图规划、规则遵守、优化能力等维度)及质性改进建议清单。知识图谱的构建则依托课程知识本体库,将 CMOS 工艺规则、寄生参数优化等核心知识点进行语义关联,当检测到学生版图出现天线效应违规时,图谱自动关联静电放电保护原理等前置知识薄弱点,实现问题溯源。

（二）评价指标体系的构建

以教育理论和课程特性为核心依据搭建三维度评价框架,匹配自然语言处理、计算机视觉、聚类分析等技术实现多维度能力的自动化测评,通过知识图谱关联模型与机器学习算法完成评价指标的动态优化,最终以多层级可视化方案输出评价结果,可有效提升教学评价的精准度与学生学习效率。如图 3 所示为评价体系流程图,完整呈现了人工智能支撑的集成电路版图设计课程教学评价体系的运行逻辑。

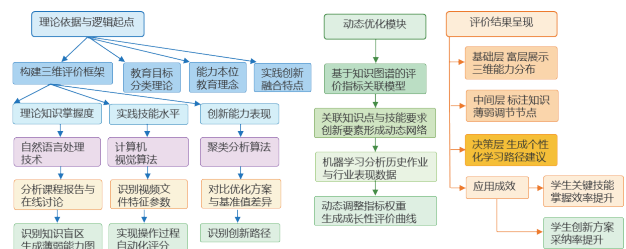


图3集成电路版图设计课程 AI 教学评价体系流程图

在构建集成电路版图设计课程的教学评价体系时,本文依据布鲁姆教育目标分类理论及能力本位教育理念,结合该课程强调工程实践与技术创新融合的特点,建立了三维度评价框架:理论知识掌握度、实践技能水平及创新能力表现。理论知识维度涵盖半导体物理、EDA 工具原理等基础概念的掌握情况,通过自然语言处理技术对学生的课程报告、在线讨论文本进行关键词提取与概念关联性分析,自动识别知识盲区并生成掌握度热力图。实践技能维度聚焦版图设计工具操作、DRC 规则验证等核心能力,利用 AI 对学生提交的版图文件进行特征识别,实现操作过程的自动化评分。创新能力维度则通过对比学生优化方案与基准设计的差异,运用聚类分析识别创新路径,如功耗降低策略或时序优化

方法。

为实现指标的动态优化，本文构建了基于知识图谱的评价指标关联模型。该模型将课程大纲中的知识点、技能要求及创新要素进行语义关联，形成动态评价网络。AI 持续分析历届学生的作业数据与最终行业表现，自动调整各指标权重系数。同时，结合实时学习行为数据（如 EDA 工具操作日志、仿真测试次数），建立成长性评价曲线，对处于能力爬升期的学生给予阶段性发展评价。这种动态机制使评价体系既保持核心能力锚点，又能响应产业技术迭代需求。

评价结果呈现采用多层级可视化方案。基础层提供雷达图展示三维能力分布，中间层标注知识图谱中的薄弱节点（如特定工艺规则理解偏差），决策层则生成个性化学习路径建议（如推荐特定版图优化案例库）。未来可探索跨课程评价图谱构建，实现集成电路专业全流程能力追踪。

四、应用案例与效果分析

（一）实验设计与实施

人工智能辅助集成电路版图设计课程教学评价实验流程如图 4 所示。

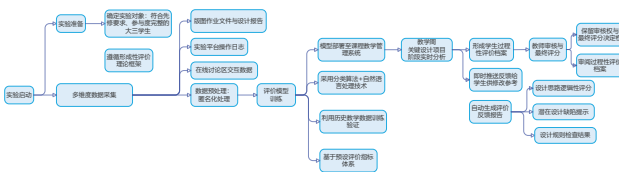


图 4 人工智能辅助集成电路版图设计课程教学评价实验流程图

本评价流程图清晰呈现了实验全流程的逻辑链条，从实验准备阶段的对象筛选与理论依据把控，到多维度核心数据的采集与预处理，再到 AI 的评价训练、部署及实时应用，最终实现人工智能自动化分析与教师审核决策的人机协同。各环节层级分明，既体现了形成性评价的理念，也直观展示了实验验证人工智能对实践技能评价适用性的核心目标，完整覆盖了实验从启动到结果输出的关键节点与内容。

实验的核心是数据采集与模型应用。本文采集了三类主要数据：一是学生提交的版图设计作业文件（GDSII 格式）及对应的设计报告文本，用于评估设计规范性、规则遵守情况及设计思路；二是学生在课程实验平台（如 Cadence Virtuoso）上的操作日志，记录其工具使用熟练度、设计迭代次数和关键步骤耗时；三是课程在线讨论区的文本交互数据，用于分析学生提问质量、协作解决问题能力及概念理解深度。这些数据覆盖了理论知识应用、工程实践操作和创新能力表现等多维度评价指标。数据经过匿名化处理后，输入到预先构建的基于 AI 评价模型中。

AI 评价训练完成后，部署到课程教学管理系统中。在教学周的关键设计项目阶段，系统对学生提交的阶段性成果进行实时自动化分析。每次作业提交后，系统自动生成初步的评价反馈报告，包括设计规则检查（DRC）的自动化结果、模型识别的潜在设计缺陷提示、以及基于文本分析对设计思路的逻辑性评分。

这些自动化反馈会即时推送给学生，作为其修改设计的参考。同时，所有分析结果汇总形成每位学生的过程性评价档案，供教师进行最终评价时审阅和复核。教师在整个过程中保留对模型评价结果的审核权和最终评分决定权，人工智能主要承担初步筛查、量化分析和过程记录的任务。实验的实施过程力求贴近实际教学流程，确保评价结果对教学改进具有实际参考价值。

（二）实验结果与讨论

本文通过集成电路版图设计课程中实施为期一学期的对比实验，对传统评价方法与人工智能辅助评价的效果进行了系统分析。实验选取了两个平行教学班，一个采用传统教师手动批改作业、实验报告和考试的方式，另一个则应用了本文提出的基于机器学习与知识图谱的智能评价系统。该系统能够自动分析学生提交的版图设计文件、仿真结果及设计文档，并依据预先构建的多维度指标体系（包括设计规则符合度、电路性能指标达成度、设计创新性 & 文档规范性）生成评分与详细反馈报告，如表 1 所示为集成电路课程两类评价方式效果对照。

从效率角度看，人工智能辅助评价展现出优势。传统方法下，教师批改一份包含复杂版图设计和分析报告的作业平均耗时约 15 分钟，而智能系统处理同样任务仅需约 3 分钟，整体批改周期缩短了 80% 以上，使得教师能将更多精力投入个性化辅导。在准确性方面，本文以教师专家组评分作为基准，计算了智能系统评分与专家评分的一致性（Kappa 系数达到 0.92），表明系统在核心技能指标评价上具有较高可靠性。在设计规则检查（DRC）和版图与电路图一致性检查（LVS）等客观性强的环节，系统准确率接近 100%，减少了人为疏漏。在评价设计创新性等主观性较强的维度时，系统虽能识别出非常规结构并给予提示，但其深度分析能力仍需结合教师经验进行最终判断。

学生反馈是评价应用效果的重要维度。通过问卷调查和访谈，使用智能评价系统的学生普遍认为其反馈更及时、更详细，错误定位和修改建议的针对性受到好评。大部分的学生表示详尽的自动化反馈有助于他们更快地理解错误根源并独立修正。不过，也有少数学生反映初期对系统反馈的表述方式不太适应，认为部分解释过于技术化。这提示了优化系统反馈界面和语言表达的必要性。

人工智能教学评价的实际价值，其核心在于实现了评价的规模化、即时化与部分客观指标的精准化，提升了教学评价的效率和反馈的时效性，为实践性强的版图设计课程提供了有力支撑。这些局限性指明了未来研究可着力提升智能评价系统的认知深度、数据融合能力及与教学过程的动态协同性。

表 1 集成电路课程两类评价方式效果对照表

评价方式	单份作业平均批改时长	批改周期变化幅度	专家评分值	客观性环节准确率	反馈时效	适用场景
传统人工评价	15 分钟	→（基准）	1.0（基准）	存在人为疏漏	无固定时效	创新性等主观性内容评价

AI 辅助 评价	3分钟	↓ ≥ 80%	0.92	≈ 100%	≤ 2小 时	客观性指 标批量 评价； 创新维度 需结合教 师判断
----------------	-----	------------	------	--------	-----------	---

五、结论与展望

本文系统研究了人工智能技术在集成电路版图设计课程教学评价中的应用，构建了融合机器学习与知识图谱的评价模型，并设计了包含理论知识掌握度、实践操作能力、设计创新性等多维

度的评价指标体系。通过在课程教学中的实际部署与对比实验，人工智能辅助的评价方法提升了评价效率，缩短了反馈周期近80%，同时通过量化分析客观数据（如版图设计软件操作日志、设计文档语义分析、仿真结果匹配度），有效降低了评价的主观性偏差。实验结果表明，接受人工智能评价反馈的学生在后续设计任务中的平均成绩提升幅度高于对照组，验证了该评价体系对学生学习行为的正向引导作用。这些成果充分说明，人工智能技术能够为集成电路版图设计这类实践性强的专业课程提供更高效、客观、动态的教学评价支持，有助于精准识别教学难点和学生个体差异。

参考文献

[1] 荀渊. ChatGPT/ 生成式人工智能与高等教育的价值和使命 [J]. 华东师范大学学报 (教育科学版), 2023, 41(7): 56.

[2] 穆肃, 陈孝然, 周德青. 生成式人工智能赋能教学设计分析: 需求, 方法和发展 [J]. Open Education Research, 2025.

[3] 刘琼, 刘星, 刘桂锋. " 人工智能 + 高等教育 " 应用场景下的 AI 素养框架研究 [J]. Journal of Library & Information Science in Agriculture, 2024, 36(8).

[4] 宋宇, 许昌良, 穆欣欣. 生成式人工智能赋能的新型课堂教学评价与优化研究 [J]. Modern Educational Technology, 2024, 34(12).

[5] 志强蒋, 明雄谢. 高等教育中人工智能治理逻辑的系统性回顾 [J]. 多元社會科學研究, 2026, 2(1).

[6] 赵丽红, 左敏, 黄先开. 人工智能时代高等教育教学的变革指向: 培养高阶思维 [J]. 北京师范大学学报 (社会科学版), 2023 (4): 40-48.

[7] 谢幼如, 陈薇, 邱艺. 人工智能赋能高校课堂教学重构研究 [J]. e-Education Research, 2025, 46(10).

[8] 袁欢欢, 全祉悦, 林伟, 等. 当医学课程考核遇上生成式人工智能: 价值, 挑战与未来展望 [J]. China Medical Education Technology, 2023, 37(3).

[9] 肖福赞. 人工智能驱动高校思政课教学改革的内在机理, 风险挑战与应对之策 [J]. e-Education Research, 2025, 46(5).

[10] 周荣彬, 左元海. 人工智能背景下高职体育教学改革与创新与发展 [J]. 教育理论与研究, 2025, 1(11).