摘 要

基于认知计算挖掘和分析学习过程数据，自适应地推荐学习资源与路径，实现精准教学与个性化学习，有助于学生摆脱信息迷航，提升在线学习体验。根据已有的自适应学习系统和认知计算研究，以自适应学习系统结构模型为切入点，构建面向认知计算的智能自适应学习系统结构模型，利用模型构建和分析方法，探讨面向认知计算的智能自适应学习系统的运行机制和人机交互过程，阐述面向认知计算的智能自适应学习系统环境对个性化学习及认知与思维的影响，以期实现认知计算推动自适应学习系统研究的发展。

0 引言

一些研究者致力于利用计算机编程技术检测学生当前的学习水平，利用预先设定的机器学习算法和规则分析认知能力、学习风格、知识水平等，采用基于内容、项目、协同过滤等推荐方式，给予基于规则、产品、非生成性的反馈，部分系统实现测量、收集、分析、报告关于学生的数据，然后由教师根据分析结果和特征等对学生进行适当干预。基于自适应学习、学习分析技术和方法，创设智能自适应学习环境，而认知计算（Cognitive Computing，CC）是能摆脱人干预的自行解决复杂问题的计算模式，通过信息分析、自然语言处理和机器学习领域的技术创新，使系统像人脑一样思考和学习，作出正确决策。本研究从人工智能视角，论述自适应学习和认知计算相关研究，提出面向认知计算的智能自适应学习系统（Cognitive Computing-orientIntelligent Adaptive Learning System，CCIALS）模型，从模型构建、实现机制和学习交互等方面创设新的智能自适应学习环境，探讨新环境对个性化学习研究的思考与启示。

1 相关研究

1.1 自适应学习系统

自适应学习平台包括 WileyPLUS、LearnSmart、Quantum、Pearson、Navigate、Knewton、Cerego、DreamBox、Adapt Courseware、KNOWILLAGE、CogBooks、LoudCloud Initiative、RealizeIT、

Open Learning、Smart Sparrow、ALEKS 等。SmartSparrow 在线课程嵌入大量模拟实验，实现学生边做边学，根据算法处理在线学习行为，在互动和反馈中修正课程设计Cerego 全程跟踪学习进度、难易程度和知识点掌握情况，利用数字仪表盘呈现测评结果，达成知识管理和知识记忆等目标Knewton 借助心理测量模型和贝叶斯网络等概率模型评估学生知识状态，基于学科知识图谱推荐学习路径DreamBox 跟踪学生行为记录，利用机器学习算法提供自适应学习内容，培养学生数学理解能力。

综上，自适应学习系统利用反馈帮助学生识别错误信念，感知误解和不平衡，重新建构知识，识别已学知识和水平，判断学习进程。

1.2 认知计算

认知计算基于认知科学和心理学等设计计算模型和决策制定机制，例如，AlphaGo 核心是深度学习与强化学习，用于解决序列决策问题，实现深度学习设立的目标，即通过策略、价值函数和模型调整环境的性能，解决人脑级别的任务。此外，利用事件驱动的神经网络突触核和多线程引擎 Compass配有创新性 PGAS 通信原语，实现神经元之间通信和交流（即低水平思考）。Djurfeldt[4] 提出构建和创作高水平神经突触核网络的正式语言，用于平行神经网络结构连接，可创造神经网络图形表示，如邻接矩阵。有学者结合观点挖掘引擎和面部表情

分类器判断人类情感，实现 Avatar 利用面部表情、语言和身体姿势等生成器创造共情反应。认知计算是来自人脑研究而得出的一系列技术，是人工智能和信号处理的结合，是一种模仿人脑处理信息并增强人类决策能力的技术

综上，认知计算包括神经处理器硬件和软件工具、算法和框架支持类人的数据分析，如机器学习算法建模人机交互过程，发现用户社会感知行为模式。基于大数据、高运行速率的服务器执行运算算法，赋予认知计算具有知道、思考和感觉的自主认知能力，为自适应学习系统模型构建提供技术和理论支撑。

2 面向认知计算的 CCIALS 模型

2.1 面向认知计算的 CCIALS 模型构建

自适应学习系统发展空间包括：系统侧重判定知识掌握程度，而大量“刷题”难以锻炼学生深层次思考；材料呈现多是基于学生风格和成绩，从文本对话过程判定学生优劣；利用编程和规则规约方式限制学习过程和课程路径，不能有效解决信息迷航和知识负载问题；学习数据为粗粒度，忽略认知参与、学习深度、高阶思维、知识建构能力等。而融入认知计算的自适应学习系统智能在于：自动诊断和提供个性化学习规划，自主制定学习决策；根据情绪和学习参与给予适当提示；性能上进行快速非编程的加工处理，利用深度学习和强化学习算法

学习学生痕迹；以奖惩方式分析学习效果，经多次学习和训练，重新设定和学习模型的权重与阈值，直到学生学习效果达到最优。基于自适应学习系统

参考模型DreamBox 自适应学习模型自适应学习流程以及认知计算理念，构建 CCIALS 模

型。CCIALS 模型包括适应性模型、领域模型、教法模型、学生模型等，学生访问内容主要与领域知识对象或课程容器相关，经统计分析知识水平、错误模型、元认知能力、认知特征、情感特征等数据，提供预测模型、学习活动测量或仪表盘信息。同时，学习引擎（包括自适应引擎、推荐引擎、干预引擎等）为学生推荐适应的内容、路径、序列、导航、评估等。教法模型用于深度模拟教师的教学过程和策略，持续地自学习和更新模型。CCIALS 自学习的每步可能引起最终的全局计划，不再独立于过去经验，达成最大化目标的新路径。根据训练数据调整神经元之间的链接权和阈值，神经网络学习到的内容都放在连接权与阈值中，并且需要与强大的算法联结起来，算法模型越复杂，它的解释力就越强大。结构化与非结构化数据是系统所需的训练样本（包括学生正确回答率、用时、自信度、学习相似内容的表现、对学习目标的熟悉程度等多维度数据），通过训练模型，采用人工智能技术，转化并输出自适

应内容（输出学习材料，推送给学生）、测评（对学习材料的掌握情况的测评与反馈）、序列（学习材料中知识点的组织顺序），实时地感知、思考、理解数据，经长期训练和学习，智能系统可获得认知智能，精准地提供适切、智能、个性化的推荐。

2.2 面向认知计算的 CCIALS 模型分析

深度学习最具吸引力的特点是学习能力，人工神经网络能学会它可以表达的任何事物，实现认知计算抽象地处理和分析文字、概念、语义等；进行知识表达、理解和学习等，能实现 CCIALS 各个模型互相协助，促进学生深入且精准地进行个性化学习。

2.2.1 领域模型

领域模型描述知识，旨在表现概念集合和概念的关系（主题之间的关联），可采用知识图谱

（Knowledge Graph，KG）表达知识发展进程与结构关 系（ 主 体 — 关系 — 客体）， 即 KG（C，R1，R2，R3， ……，Rn），C 是领 域 概 念 结 点，Ri 表示概念之间的第 i 个关系。例如：BT（a，b）指概念a 属于概念 b（分层关系）；IRB（a，b）指 a 是 b

的必要条件（顺序关系）；SO（a，b）指先学 a 再学 b（顺序关系）[9]。CCIALS 用不同颜色标注概念，如绿色表示已掌握，红色表示未掌握，蓝色表示当前推荐，灰色表示未学。

2.2.2 学生模型

学生模型用于建模学生当前知识状态，采用覆盖模型、铅版模型、摄动模型等建模方法。Elena

等提出多维认知空间，即认知位置由已学的知识对象决定，若课程位置由 N 个对象组成，则这个位置是 N 维向量 P={xi}，i=1……N，xi 是 [0，1]，如四维认知空间的四个对象 A，B，C，D，四维向量 P 的位置 P={xi}，i=1，2，3，4 且 0 ＜ xi ＜ 1，起点位置 Ps=（0，0，0，0），目标位置 Pf=（1，1，1，1），因此，可以推荐最短路径 LPh=（A，B，C，D）=（K1，K2，K3，K4）是分层学习路径，LPc=（A，C，B，D）=（K1，K3，K2，K4）是时间序列学习路径。CCIALS 将学习内容切割成点，根据各自知识类型，顺序化地组织知识对象，建立一个动态、实时、可调整、关联复杂的立体网络的学习内容，让学生按自己的路径学习。

2.2.3 教法模型

教法 模 型 提 供 教 学 策 略 或 方 法， 根 据 领 域知识图谱或认知空间选择适合的方法策略。一般采用 基 于 规 则 方 法 定 义 可 行 的 教 学 策 略， 如 TP（C\*Props\*PropVals）范 围 是（0，10）[9]，Props是教法集合的属性，PropVals 是方法集合的可用值，常用教学方法为归纳法或演绎法教法属性集合DPA（property）=value，表示学习应用的策略；代价属性集合 CPA（property）=value，用学习表达生成算法优化学习过程。CCIALS 教法模型设计包括教学方法、学习活动类型、交互水平、交互类型、学习任务困难程度等，如根据学科特征和学生认知掌握水平采用符合的教法，实现个性化学习指导。

2.2.4 适应性模型

适应性模型采用贝叶斯网络（对学生聚类）、隐马尔科夫模型（预测学习成功概率）、一般算法（从前测精细化模型且建构最优的路径）、人工神经网络（模式识别，用于推断学习风格）等。例如：神经网络的输入层变量为 V1，V2，V3，……，Vn 等，表示学习类型、课程内容、点击频率、保持时间、知识背景测量等；输出层代表被识别的特征类型，包括认知水平、认知风格、认知参与和学习情绪等，分别表示为 Y1，Y2，Y3，……，Yk 等；中间层为隐

层部分，隐层输入与输出之间通过非线性函数实现变换。CCIALS 神经网络经前向传播（由数据从前往后传播）和反向传播（模型权重参数更新）不断调整权重参数，进而对原始数据进行特征提取（分类、回归、聚类、降维等）。随着数据双向传播，增强神经网络模型学习分类与识别问题能力，精准地学习分析和自适应地推荐。

3 面向认知计算的智能自适应学习过程

3.1 面向认知计算的 CCIALS 运行机制

CCIALS 模型为智能研发带来启示，学生模型、领域模型、自适应引擎的关联对系统运行机制带来新的诉求。基于方海光等构建的面向教育大数据量化自我的自适应学习 MOOC 系统模型、姜强等 构建的基于大数据的个性化自适应学习结构模型以及认知计算过程，分析 CCIALS 模型运行机制。学生利用可视化接口与 CCIALS 交互，系统执行测量、收集、分析、报告关于学生和情境的数据，主动导向和动态干预学习。知识资源库映射于知识领域模型和教法模型，存储知识点、案例、测试、练习等。CCIALS 分析知识资源库、学生特征库等数据，自适应引擎利用路径推荐算法，探寻学生认知模型或认知空间，推荐路径 L1、L2、L3 等。各模块和数据库实时建模学生认知，经深度强化学习，构建基于表示的多层机器学习模型，训练海量有用特征的数据，提升识别、分类或预测的准确性。认知计算帮助决策者从海量数据解释非凡的洞察，实现 CCIALS 感知、记忆、学习等认知活动，时刻探寻学生的特征、风格、水平等，以数据驱动、模型驱动、模型匹配的方式学习如何感知学生学习、如何思考学生学习以及如何指导学生学习，更好地帮助学生认知，更精准地分析学习过程数据。

3.2 面向认知计算的智能自适应学习交互过程

CCIALS 各模型彼此联系，结合高性能的算法和运行机制，为学生积极参与学习营造智能环境。基于 CCIALS 模型、运行机制和认知计算理念，构建面向 CCIALS 的人机交互过程，如图 3 所示。学生选择教学资源和模式，CCIALS 记录访问的时间和方式（自主学习、协作学习等），根据学生选择的知识模块（如“网络层 IPv4 协议与编址”）提供虚拟、仿真、建模、现实等场景活动，评判与考查学生信息查找和方案建构的成效，将学习（如认知空间映射）数据存储于数据库，持续捕获与存储正确和错误的回答、决策制定的时间长度等数据，采用特定算法分析精细粒度数据，结合认知建模和学习分析过程，提供适合的支架、序列、提示等，如学生成绩已经超过 θ 值，判定学生已学会知识，利用深度最优算法寻找下一个最合适的节点，同时根据知识图谱剔除冗余节点，得到学习路径 =（编址概念，表示方法，标准 IP 编址分类，特殊编址形式，专用 IP 编址，网络编址转换 NAT），适合学生独特的学习需求。个体认知模式下，结合历史行为数据，分析学生心理层面的稳定特征，判断学生的理解力、分析力、决策力等；群体认知模式下，分析群体认知演化及对个体认知的影响机制，综合个体与群体认知影响因素，得到认知计算模型。例如，利用人工神经网络不断优化并持续地计算偏好（静态或动态）与资源之间的匹配度和相似度，经多次深度学习和迭代计算得到偏好与资源的最佳匹配。CCIALS 提供智能和精准反馈，使学生有效地建构知识和解决问题。同时，系统反馈（外部环境）激发学生认知和并存心智模式的自动化加工，促进认知由低阶的识记、领会和运用向高阶的分析、综合和创造转变，实现深层次学习。

4 研究思考与启示

4.1 CCIALS 赋能个性化学习精准化和规模化

系统秉承以学生为中心和非传授模式教学设计理念，识别哪些学生在核心课程中具有充分和恰当的进展，哪些学生有不好的学习结果且处于学习危机。依据学生个性差异，给予不同的推荐，如内容困难水平、材料呈现形式（文本、视频）、知识序列、学习节奏等；依据学生的特质和个性，准确检测并追踪学生的“精准—个性”平衡点，从而为学生提供适切的学习服务。CCIALS 实现促进者驱动（通过仪表板为教师提供可操作的学生个体和群体概况）和评估驱动（提供接近实时的动态教学内容调整，即布置学生学习路径），促进者驱动的系统提供关于学生的概况，帮助指导者采取行动；评估驱动的系统根据学生的水平动态地调整学生的学习内容，提示完成学习任务的个性化学习路径。CCIALS 用技术和大数据数据驱动教学，促进技术赋能环境下的大批差异化学生更有效地掌握技能、学习新知。

4.2 CCIALS 可以提高学生的高阶思维能力

学习内容和过程凭借学生偏好和个性特点做出相应调整，结合学生完成任务的情况，提供适切的线索和提示。CCIALS 为学生知识建构提供支架，加深学生对知识的理解，帮助学生验证思维过程，增强认知和自我导向的学习。CCIALS 实现系统追踪学生认知水平和能力，精准诊断学生学习困境，提供个性化学习指导和建议，对学生的认知提供支架和提示，进而引导学生学习前项知识和后项知识。学生不再是机械地记忆，更多是在知识实践中有意识地领会知识内涵，将所学知识运用于其他问题解决环境，也可以实际设计和改造一些模型，有利于培养创造性思维能力。批判性思维、创造性思维、推理性思维和决策等都属于高阶思维，即发生在较高认知水平的心智活动或较高层次的认知能力，可见，CCIALS 的知识建构和问题解决过程可以培养学生的高阶思维能力。

5 结束语

云计算和大数据时代的计算能力大幅度提升，深度学习和强化学习模型使机器拥有类人大脑的认知智能。认知计算使计算机以人类思维理解和认识客观世界，赋予机器智能和决策制定能力，推动CCIALS 走入教学和学习过程。CCIALS 分析学生的学习特点和路径，依据学生特征和偏好做出适应性变化，结合学习进度推荐个性化学习内容，而且，智能自适应机制可以激发学生学习兴趣，让学生主动进行知识创新与重构。认知计算是具有丰富内涵且不断发展的理念，而 CCIALS 更有助于问题解决和知识建构，促进知识的内化和深入。认知计算为自适应学习系统探索人的内在需求提供有效途径，让自适应学习系统对人的认知产生更深刻的领悟，为学生提供更智能的认知服务。CCIALS 本质是规模化的个性化教育，主张每个学生都拥有独特的学习路径、学习分析与自适应过程，既能提升运用、识记与领会的低阶能力，又能增强创造、分析和评价的高阶能力。