**周琴，文欣月|从自适应到智适应：人工智能时代个性化学习新路径**

**摘要**

智适应学习是自适应学习的优化升级，将推动教育从以往的“数据主义”转向“智能主义”。智适应学习系统基于智适应学习理念，以知识空间理论和贝叶斯定理作为技术层面的理论支撑，以最近发展区和掌握学习理论作为教育层面的理论依托，开创了个性化学习的新纪元。由于智适应学习系统具备大体量的内容、定制化的课程、多样化的算法和精准化的数据，故可从先行测验到学习辅导构建出一个包含“测—学—练—评—辅”的个性化学习闭环。智适应学习系统未来将致力于在学科领域、师资培训、核心技术、表征资源、线上线下、多方协作六个方面的持续完善，打造更加个性化的学习环境。

周琴，文欣月. 从自适应到智适应：人工智能时代个性化学习新路径[J].现代教育管理，2020（9）：89-96.

随着科技的腾飞，智能化浪潮席卷而来，人工智能与教育领域的深度融合，将使教育面临新一轮变革。我国在2012年印发的《教育信息化十年发展规划（2011—2020年）》中提出“努力为每一位学习者提供个性化学习的环境和服务”；在2016年发布的《教育信息化“十三五”规划》中又提出“网络学习空间建设应满足个性化学习的需求，实现一生一空间、生生有特色”的目标；之后，在2018年出台的《教育信息化2.0行动计划》中再次强调“要构建数字化、智能化、个性化的教育体系”。可见，技术支持下的个性化学习已成为国家教育信息化建设重点关注的议题。而智适应学习作为自适应学习的优化升级，有望在人工智能技术的支持下突破传统学习模式忽视学习者差异性的壁垒，以“量体裁衣”式的教学方式实现因材施教。

**一、智适应学习的基本内涵**

**（一）智适应学习与自适应学习**

现阶段制约教育纵深发展的两个痛点：一是优质教育资源的缺失；二是个性化学习的缺失。优质教育资源的缺失反映在硬件和软件两个层面，硬件层面如校舍的建设质量、教学设备的优劣等；软件层面如师资力量的配置等。而个性化学习的缺失主要表现在传统的学习模式忽视学生的主体性、差异性和发展性。

现代科技的迅猛发展，为解决上述问题提供了新的路径。首先，在大数据、云计算等新兴技术的支持下，自适应学习横空出世，颠覆了传统的学习模式，致力于给学生提供个性化的学习体验。它贯彻“以学生为中心”的教育理念，基于学生的个体差异进行学习资源、学习方式、学习内容等方面的动态支持。但由于自适应学习的智能化程度较低，无法满足学生不断增加的学习需求。此外，就如何精准诊断学生对于知识点的掌握程度以及如何快速推荐学习路径，也面临着诸多技术挑战。可见，自适应学习只为学生提供了初步的个性化学习体验，但却不够智能化和精准化。鉴于此，融合了人工智能技术的智适应学习应运而生。它能与学生共同进步，满足学生不同阶段的学习需求，且在知识点的精准诊断和学习路径的精准推荐方面也能弥补自适应学习的弊端，提供强大的技术支持（见表1）。



自适应学习和智适应学习都是教育人工智能发展的必经阶段。智适应学习继承并发展了自适应学习，是对自适应学习的一次优化升级，它将推动教育从以往的“数据主义”转向“智能主义”。

**（二）智适应学习与智适应学习系统**

国内“智适应学习”的概念最初源于乂学教育，其本质是人工智能技术支持下的自适应学习。智适应学习是指运用人工智能技术检测学生现有的学习状态和知识水平，并预测其未来的学习趋势，从而智能地推荐最佳的学习内容和学习路径，以满足学生个性化学习的学习理念。而智适应学习系统是指以数据驱动的方式智能识别学生的学习风格等个性特征，并利用知识图谱等新兴技术，深度诊断学生的学习情况，提供实时、动态、智能化和个性化的指导，以满足学生个性化需求的学习系统。智适应学习系统的优势在于能最大限度地模拟专家型教师，为学生提供私人定制的学习体验。如果说智适应学习是理念层面的革新，那么智适应学习系统则是基于该理念的技术使能，两者之间是抽象理论与具体实践的关系，同时也是不可分割的一个整体。智适应学习理念要通过智适应学习系统的运行才具有实践价值，而智适应学习系统又需蕴含智适应学习理念才具有理论意义。由此，智适应学习将改变固有的学习模式，使教育更加多样化和个性化。

**二、智适应学习系统的理论基础**

**（一）技术层面的理论基础**

1.知识空间理论

知识空间理论（Knowledge Space Theory）是由杜瓦尼翁（Doignon）和法尔马（Falmagne）等人于1985年提出的，它是一种表征学生当前知识状态，检测学生已有知识水平，并洞悉学生知识空间的数学理论。该理论认为特定知识领域的信息可被概念化为一组大型的、指定的问题集合，个体关于该领域的知识状态可被形式化为其能够解决的所有问题的子集，而所有可能形成的知识状态的集合被称为知识空间。知识空间中的知识状态代表了个体已有的知识水平。基于知识空间理论，智适应学习系统通过检测学生的知识状态来表征其已有的学科知识体系，确定知识水平和学习进度，并在分析知识结构的基础上评价学习绩效，以此来精准定位学生的薄弱知识点并快速推荐适宜的学习路径。但是，随着认知水平和技术的进步，研究者们逐渐认识到知识空间理论用多变的问题项来表征个体的能力状态，稳定性较差，因此对技能方面进行了扩展，得到了“扩展知识空间理论”。

2.贝叶斯定理

托马斯·贝叶斯（Thomas Bayes）所著的《An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances》（关于解决《机遇论》中一个问题的一篇文章）成功出版标志着贝叶斯定理的诞生。贝叶斯定理包括条件概率、联合概率和边缘概率。它是关于随机事件A和B发生概率的定理，即可推测当事件B发生时，事件A发生的可能性。它揭示了概率信息的认知处理过程和基本规律，对于达成有效学习和完成决策判断有重要的理论意义与实践价值，故能开发出基于数据和经验来规划行动的智能系统。以贝叶斯定理作为理论支撑，智适应学习系统可在先行测验阶段判定学生的知识水平，在习题靶向阶段监测学生对于知识点的掌握程度，以此来刻画学生的个性化“肖像”，实现薄弱知识点的精准定位和学习路径的快速推荐等，把智适应学习的“智”体现得淋漓尽致。

**（二）教育层面的理论基础**

1.最近发展区理论

最近发展区是指学生独立解决问题的现有水平与在他人协助下解决问题的潜在水平之间的距离。教学活动必须密切关注最近发展区，并始终走在发展的前面，引导学生学习。智适应学习系统在充分考虑学生发展潜力的基础上，为其提供了有一定难度、梯度的学习内容，让他们根据自身发展需要，循序渐进地获取知识，如此既维持了学习动机，又激发了学习兴趣。此外，由于最近发展区存在个体差异和情境差异，故要依据学生个体和具体情境进行适度调节。而智适应学习系统可以根据学生的发展变化以及学习情境的变化来智能地调整学习内容，把握“教学最佳期”，以最大限度的激发学生的发展潜能，实现高水平发展。

2.掌握学习理论

掌握学习理论的核心观点是：若给学生充足的学习时长并采取适宜的教学方法，几乎每个学生都能掌握所学的知识点。该理论包含了两层含义，即教与学的乐观主义和有效的个别化教学实践。所谓乐观主义是指教师相信学生学习能力的差异是可以改变的，只要采取适宜的教学方法，所有的学生都能习得相应的知识。而有效的个别化教学实践是指在集体化教学的基础上进行的个别化教学，它既包括了以群体教学为基础的掌握学习策略又包括了以个别教学为基础的个别化教学制度。智适应学习系统可以准确地检测出学生的现有知识水平，并准确地定位其薄弱知识点从而进行重点攻克，直到其真正掌握所有的知识点，达到学习目标。

**三、智适应学习系统的基本特征**

智适应学习系统贯彻了因材施教的教育理念，为学生构建了个性化学习的环境，其基本特征主要体现在内容、课程、算法和数据四个方面：大体量的内容奠定了知识基础；定制化的课程满足了人才培养的高质量需求；多样化的算法提供了技术支撑；精准化的数据给予了实时反馈。

**（一）大体量的内容**

由于学生之间的差异性，智适应学习系统所推荐的学习内容需具备多样性、丰富性和高质量性，才能满足不同学生的学习需求。其中，学习内容的多样性主要体现在类别上，即不仅包括文化类，还应包括艺术类。学习内容的丰富性主要体现在教材的来源、呈现方式以及教学组织形式三个方面。具体而言，教材可以来源于书本的间接经验或学生的直接经验；教材的呈现方式可以是静态的文字、图片或动态的音频、影像；教学组织形式可通过自主学习、小组讨论、人机协同等开展，使学生所习得的知识既是预设性的又是生成性的。学习内容的高质量性则主要体现在学习内容连续性、完整性和深度性三个方面。连续性是指学习内容的划分应尽量细致，这样才能使知识点之间的衔接自然而流畅；完整性是指学习内容应包含学生所需学习的全部内容和主题，否则会导致知识的碎片化现象；深度性是指学习内容应具备一定的难度系数才能诱发深度学习，使学生从中获益。综上，多样、丰富、高质量的学习内容为学生个性化学习奠定了知识基础。

**（二）定制化的课程**

智适应学习系统若要给学生提供个性化的学习体验，则需要为其定制个性化的课程。个性化的课程主要体现在课程类型和课程规划两个方面。其中，课程类型又包含了三个递进的层级，为学生提供了全方位的学习保障。第一层级，科目本位课程。它强调要保持学科本身的体系，针对学生某一薄弱的学科课程进行强化训练，以弥补学生某项能力的缺失。第二层级，融合课程。它由内在关联的不同学科组成，打破了学科间的孤立状态，有利于锻炼学生的知识整合能力，培养跨领域的专家。第三层级，广域课程。它融合了数门相邻的学科课程，学科跨度和综合性程度都更高，有利于锻炼学生多方面的能力，培养综合性人才。智适应学习系统致力于为每一位学生定制以上三种具有梯度的课程，这样既能帮助学生攻克薄弱知识点又能促使其全面发展。而在课程规划方面，学生可以根据系统所推荐的学习路径，自定步调、循序渐进地学习，并且可根据实时的学习状态，调整课程学习的先后次序和课时比例等。综上，定制化的课程满足了人才培养的高质量需求。

**（三）多样化的算法**

多样化的算法是智适应学习系统的核心特征。一些基准的系统采用单一的算法，如蒙特卡罗算法。而智适应学习系统则采用多样化的算法，如机器学习算法、遗传基因算法、统计和概率学算法等，且不同的算法支撑不同的运行流程，让算法与流程相互匹配，使系统发挥最佳功效。具体而言，机器学习算法主要用于处理大数据，它的优势在于通过分治算法、聚类算法和数据并行算法降低数据的分析难度，使数据更加条理化，从而全面提高数据的运算效率。遗传基因算法本质上是模拟生物进化的过程，它依据优胜劣汰的自然法则，结合数据库中不同学习材料的优势以推荐最佳的学习路径。而统计和概率学算法则通过分析学科体系的基本结构和学习材料的呈现方式，使学习内容与学生已有的知识结构和认知风格相匹配，进而推荐最佳的学习路径。综上，多样化的算法为个性化学习奠定了技术基础。

**（四）精准化的数据**

智适应学习系统强调数据驱动和智能适应。在大数据的支持下，大规模的教育数据采集、存储、计算、分析成为可能，并且可以全程跟踪和记录学生的学习数据和行为数据，进行实时监测和反馈，无疑为个性化学习奠定了数据基础。其中“大数据”是指学生参与在线学习后留下的大量数据碎片，它们主要从学生信息系统和管理系统中获取。智适应学习系统通过算法分析技术将原始数据转化为教师能够理解的教学数据呈现出来，客观反映出学生现阶段的学习情况，为教师高效教学提供参考。但是，大数据的收集需要注意以下三点：第一，数据的收集需达到足够的数量，才能使数据分析具备可信度；第二，数据的收集需具备有效性，无效的数据在分析过程中会生成错误的路径，误导学生，从而与学习目标背道而驰；第三，收集的数据不仅要包括学生的学习数据还应包括行为数据，即他们在某一学习界面所停留的时长以及点击量等行为，这样收集到的数据更加精准、全面，从而更好地为个性化学习提供数据支持。

**四、智适应学习系统的学习模型**

智适应学习系统为个性化学习提供了实践范式，实现了因材施教的理想化教育。它以先行测验为起始点，以学习辅导为终点，构成了一个包含“测—学—练—评—辅”的个性化学习闭环，旨在使学生根据自身差异，牢固的习得每一个知识点，提升学习效率（见图1）。



**（一）以先行测验为基础，定位知识点**

先行测验是指在进入系统学习之前，首先要通过少量的习题，检测出学生对所学知识点的掌握情况，以此为精准推荐适宜的学习内容和学习路径提供参考。在先行测验的基础上，系统能快速、精确地诊断出学生对知识点的掌握程度，洞察学生的发展潜力，并初步界定最近发展区。如ALEKS智适应学习平台，它以知识空间理论为基础，构建了数百万个可能存在的知识状态，通过缩小知识空间范围，将学生的认知水平归纳到某一个知识状态中，再通过这个知识状态来描述学生现有的知识水平，最后应用边缘定理推荐下一步的学习内容。而松鼠AI则采用贝叶斯网络和概率图模型来刻画学生“肖像”，以此作为先行测验，表征其现有的知识水平。通过先行测验，系统可以精确地诊断出学生现有的知识水平，定位其薄弱知识点，并按图索骥地进行教学，为后续个性化学习提供了数据支持。

**（二）以知识粒度为内容，聚焦知识点**

先行测验之后，就是知识点的具体学习环节。智适应学习系统的一大优势在于其将知识点进行了细化拆分，并将视频作为学习内容的载体和学习形式，使学生理解和掌握知识点。知识点的拆分越细致，知识点之间的衔接过渡就越自然，学生也就越容易聚焦到某一个具体的知识点进行攻克。大多数智适应学习系统在利用知识图谱和图伦表征学科体系时只做到了三级知识点拆分，而松鼠AI则做到了九级超纳米级知识点拆分，使知识点以知识粒度的形式存在，构建了学生学习的认知地图，就如同GPS定位技术一般，可使学生聚焦到特定的知识点开展学习。在学习环节中，智适应学习系统不仅使用了分类树和模糊逻辑算法推荐了最优的学习内容，还使用了遗传基因算法推荐了最佳的学习路径，以此为个性化学习奠定了知识基础。

**（三）以典型习题为靶向，监测知识点**

在习得知识点之后，需要搭配适量的典型习题来巩固知识点。智适应学习系统会根据不同的内容设置不同数量、不同难度以及不同形式的典型习题，来实时监测学生对知识掌握情况，并根据反馈的数据，及时调整学习内容与路径，更加智能地引领个性化学习。例如ALEKS在习题靶向阶段采用了开放式题目进行诊断，规避学生未经思考快速答题的现象，这样可以有效降低猜题的可能性，获得更加客观的数据。而松鼠AI则创造性地使用非关联性知识点的关联概念算法来识别知识点间的直接和间接关联性，从而让系统通过更少的试题获得更精准的判断，并在习题测试后，使用贝叶斯知识追踪理论检测学生对知识点的掌握情况。可见，智适应学习系统通过典型习题监测学生对知识点的掌握情况，既有效规避了题海战术，又提供了实时反馈，为个性化学习创造了有效的监测机制。

**（四）以综合测验为标准，评价知识点**

综合测验是智适应学习系统对学生知识点掌握程度的综合性评价，与先行测验不同，它主要从综合角度去评估学生的学习效果，并以学习报告和巩固测验报告等形式呈现。它既是一个形成性的检测，又是一个总结性的评价。学生可以根据综合测验的数据对学习进程和学习方式进行适当地调整，也可将其作为下一阶段学习的基础性参考。综合测验作为线上学习的最后环节，为个性化学习提供了评价标准。学习者通过“测—学—练—评”的线上学习过程，有效地提高了学习效率，提升了学习效果。国外就有研究发现，使用ALEKS进行数学学习的学生，其课程通过率比未使用的学生高出15个百分点。另有研究证明，ALEKS的课程学习能有效帮助中等及中等偏下的学生提升化学成绩一个等级以上。此外，国内乂学教育人机大战的数据也表明，使用智适应学习系统进行数学学习的学生，他们的平均提分高于传统授课9.95分。

**（五）以学习辅导为辅助，攻克知识点**

学习辅导包括了智能教师的线上讲授和真人教师的线下辅导两种形式，是一种人机协同的教学模式。智能教师通过交互式的学习方式，使学生在多维互动中完成知识建构，并根据学生的实际学习情况，为其量身打造私人定制化的学习内容，满足学生的个性化需求。而线下辅导主要是构建包括智适应学习系统、教师和学生“三位一体”的智慧学习空间，使得师生之间、生生之间构成知识共生体。如ALEKS就是一个一体化、一站式的辅导老师，它的翻转课堂教学模式允许学生在遇到ALEKS无法解答的问题时，可求助于真人教师。松鼠AI也提供了智能教师辅导和真人教师“一对一”辅导的双重辅导形式，使线上线下教学综合联动，为学生提供全方位的个性化学习。通过智能教师的精准教学和真人教师的细致辅导，逐步提升了学习效果，为个性化学习提供了有力保障。

**五、智适应学习系统的发展诉求**

智适应学习系统打破了传统“无差别学习模式”，提供了个性化学习内容和学习路径，不仅贯彻了因材施教的教育理念，又解决了优质教育资源配置不均的问题。但现阶段智适应学习系统还处于初步发展阶段，尚有许多需要完善之处。

**（一）拓展学科领域，增加适用对象**

国内外的智适应学习系统所覆盖的学科领域都略显单薄，且普遍存在单一学科思维。如ALEKS涉及了数学、科学在内的50多个学科领域，而松鼠AI涉及的学科仅包含了语、数、外和物理4门，且ALEKS和松鼠AI都秉承单一学科思维，还达不到学科种类多样化的要求。未来，智适应学习系统的发展应致力于学科种类多样化的开发，使系统覆盖更多的学科领域，并且应秉承融合学科的思维，致力于交叉学科的建设，以此为培养跨领域人才奠定基础。此外，还需增加智适应学习系统的适用对象。目前，ALEKS已被300多万名学生成功使用，他们主要是小学三年级到大学阶段的学生；而松鼠AI只有100多万线上用户，他们主要是中小学生。无论是适用对象的数量还是范围，都是智适应学习系统需要拓展的方向。据统计，智适应学习系统的学生数量占线上学生总数的比例微乎其微，且现阶段主要应用于校外的培训机构，并未进入正规的学校教育体系，故不能大规模地推广和普及，对于打破传统学习模式忽视学生个性化需求的弊端和解决优质教育资源配置不均的问题还任重而道远。

**（二）加强师资培训，争取跨领域专家合作**

智适应学习系统不仅需要先进技术的外部支撑，还需要先进教育理念的内部引领，因此对于人才的渴求十分迫切。在教育领域，需加强师资培训，更新教师的教育理念，提升教师的知识和技能。具体而言：第一，教师要始终秉承“学生中心”的理念，为学生创造自主学习的空间；第二，高质量的内容需要高素质的教师来开发和整合，故教师应不断提升知识素养；第三，智适应学习系统的灵活使用需要教师具备一定的信息素养。而在教育与技术的融合领域，则希望两个领域的专家进行合作，通过反复磨合，在先进教育理念的引领下，推动技术使能。由于“人工智能+教育”是一个交叉领域，因此更需要培养既懂教育又懂技术的综合性人才来推动其持续发展。

**（三）融合核心技术，寻找最佳契合点**

智适应学习系统的核心技术包括人工智能、大数据分析和教育测量学三种，而教育测量学又内在的包含了知识空间理论和认知诊断学。其中，知识空间理论主要用于构建知识库，而认知诊断学主要用于对学生进行认知诊断。在构建知识库时，ALEKS采用的是知识空间技术，而松鼠AI采用的是知识图谱技术。这两种技术各有优劣，知识空间技术可以精确定位薄弱知识点并精准推荐学习路径，但需要消耗大量的时间和人力，资源利用率不高；而知识图谱技术能较快地将不同知识融入知识图谱中，并与其他知识进行关联，但对于学生知识点的描述则十分粗糙。因此，在构建知识库时，可以考虑综合使用两种技术来取长补短，使知识库的构建更加完善。在进行认知诊断时，系统常常会用到项目反应理论，它的不足之处在于题目中仅包含一个知识点，但在实际问题中，往往涉及多个知识点，故有一定的局限性。而ALEKS则创造性地使用学习空间技术解决了这个问题，它在诊断前就存储了知识库中每个知识模块下学生可能出现的知识状态，并构成了一个密集的知识网络，从而使生成的学习结果既包括了学生的分数又包括了学生的知识状态。由此可见，每一种技术都有优劣，在实际运用中，应分析其适用性，寻找最佳契合点，发挥每项技术的优势。

**（四）丰富表征资源，由知识传授转向知识共生**

智适应学习系统对于知识点的表征形式多以视频为主，这不利于探究性学习，也不利于创造力和想象力的培养。学生通过视频习得知识点，仍然是知识的被动接收者，其主体地位不能得到较好的体现，因此必须针对不同的知识点提供多元化、丰富化的表征形式，调动学生的多种感官，增强其参与感，使单纯的知识传授转向知识共生。如在系统中采用问题导向教学法（PBL）和沉浸式虚拟现实技术（VR）来进行教学，为学生创设一个真实的问题情境进行探索，让其身临其境的解决实际问题，培养学生的探究意识和自主学习能力。此外，由于人工智能具备全知全能、见微知著，无穷算力的特征，加之VR技术对于知识点的多元化表征，可允许学生以发散式的、跳跃式的思维方式进行思考，极大地激发了他们的创造力和想象力，进一步促进了知识共生。

**（五）整合线上线下，实现人机协同的教学融合**

教育又被称为“零和一”的概念，“一”是指教师，“零”是指技术。可见，教师在教育中的地位是不言而喻的，他使得教育赋有意义。无论时代变迁还是技术革新，教育者始终需秉承“技术变革教育而非引领教育”的理念，发挥教师宏观把控的积极作用。此外，从技术现象学的角度探讨教师与技术的关系时，由于教师的“缺陷存在”所产生的“补缺”需求，使得“认知外包”成为常态，人工智能由此充当“代具”与教师形成“人—技术”的人性结构，并通过彼此之间的延异运动，既促使教师自我提升，又推动弱人工智能向强人工智能迈进。综上，智适应学习系统未来的发展应整合线上和线下两种学习模式，使人工智能和人的智能双管齐下，构建人机协同的智能化无缝式学习环境，让教师从繁重的知识传授环节中解放出来，将时间投入到一些非模式化、非固定化的创造性工作上，这样有利于增加与学生的情感交流，帮助其完成性格和三观的塑造。此外，教师还需进行角色转换，从以往的教书匠转变为智慧型教师。在人工智能时代背景下，应由智适应学习系统承担授业、解惑的知识传授工作，而教师则承担传道育人的工作，作为塑造学生灵魂的工程师。这样的角色分工不仅可以提升学生的学习效率，又可解决由于师资力量配置不均所造成的教育不公平现象。

**（六）寻求多方协作，构建个性化学习生态系统**

要解决优质教育资源供需矛盾的问题，使智适应学习系统惠及所有学生，就需联合政府、网络社区、学校三方力量，构建个性化学习的生态系统，协同创建良好的学习环境。政府方面，首先应加大资金投入。大力支持人工智能技术的研发，且在教育资源相对匮乏的地区建立网络基站，为智适应学习系统的运行提供基础条件，避免因硬件差异所导致的数字鸿沟；其次，应加大政策支持力度。适当的政策倾斜可加速智适应学习系统从培训机构进驻学校教育体系，有利于更好地推广和普及。网络社区方面，需要增加智适应学习系统对于学生的黏性支持，通过设置师生互动和竞赛比拼等学习形式，维持学生的学习时长、提升学习动机和兴趣。学校方面，首先应积极转变教育观念，支持智适应学习系统进驻学校教育体系，重视学生的个性化发展；其次，还应大力支持课程资源的开发和学习行为数据的收集，以便创造性的结合本校实际开发出特色学习内容。综上，构建良好的个性化学习生态系统，需要政府、网络社区、学校三方力量的协同配合，以智适应学习系统为平台，以人工智能技术为支撑，以课程资源为内容，共同发力。