

GIFT——通用智能导学系统框架

□文 / 胡祥恩、匡子翌、彭霁、徐雯慧



胡祥恩

华中师范大学心理学院教授、院长，美国孟菲斯大学心理学、计算机工程、计算机科学教授。

华中师范大学心理学院硕士。主要从事视频学习、在线学习以及智能导学系统方面的研究。

匡子翌



彭霁

华中师范大学心理学院硕士研究生。主要从事多媒体学习与智能导学系统方面的研究。

华中师范大学心理学院硕士研究生。主要从事智能导学系统、网络学习与认知的相关研究。

徐雯慧



智能导学系统（ITS）是一种基于计算机的智能化教学环境，它可以在合适的粒度上适应学生的学习水平，以帮助学生掌握知识和技能。近年来，研究者试图寻找通用的 ITS 框架（GIFT），以系统分析 ITS 有效性的根本原因。本文将重点阐述 GIFT 这项前沿技术：首先，介绍 GIFT 的四个关键组成部分，包括传感器模块、学习者模块、教学模块和领域模块；其次，对 GIFT 的开源原型进行说明，主要包含单机模式和云模式两种形式；最后，再说明当前 GIFT 的发展和研究模式。总之，GIFT 的出现，标志着研究从探索性阶段开始走向成熟，有利于研究者在标准化的框架下重新对已有的 ITS 研究及成果进行考察。

一、引言

1984年,教育心理学家本杰明·布鲁姆(Bloom)提出了著名的“两个标准差现象”,即接受一对一辅导的学生的成绩比接受传统教学方法的学生提高了两个标准差[1]。这一发现使教育者认识到了一对一教学的重要性。自此,如何实现有效的、大规模的一对一教学,成为了广大研究者关注的问题。同时,Bloom的研究为学习领域的科学家提供了挑战和奋斗的目标。20世纪80年代,在计算机科学、心理学和教育学等多个学科的共同影响下,智能导学系统(Intelligent Tutoring System,ITS)开始出现[2]。在20世纪90年代,一些国际性的学术研究组织和期刊(例如国际智慧教育协会(IAIED)、智能家教协会(ITS)等)也相应地成立了。21世纪初,人们更进一步地意识到用计算机教学实现Bloom“两个标准差”教学效果的难度,将以此为目的的“先进个性化教学”列为本世纪最有挑战性的关键问题之一[3]。而ITS也在近几年的发展中逐渐走向了成熟与完善,为这一问题的解决带来了契机。

ITS是一种基于计算机的智能化教学环境。通过应用人工智能算法,该环境可以在合适的粒度上适应学生的学习水平,并将复杂的教学原则实例化,以帮助学生掌握知识和技能[4]。ITS在数理化、语言以及技能训练中体现出的优势,是通用教育技术无法与之相比较的。不论在理论、技术、应用以及推广上都具体地体现了人类文化遗产的精髓。ITS是典型的“理论指导下的应用研究”。目前所有的ITS应用都是以认知科学理论为指导,以最先进的技术为支撑,并选择与理论技术最适合的领域为应用场景。正是因为ITS的特殊性和应运而生的理论研究和科技发展,ITS被公认为是学习技术领域最前沿的应用研究。

研究者和开发者对ITS的关注程度超出以往任何一个新的研究领域。由于学术界和工业界对ITS的重视,出现了两个非常有趣的现象:1)大规模地投资、研究、开发专门的以领域为特色的ITS(例如数学[5,6]、专门训练[7]等),使之最大限度地发挥ITS的优点,提高教学效果;2)系统地分析ITS有效性的根本原因,并试图寻找通用的ITS框架和标准。从ITS作为研究的领域、应用的对象以及实现的手段来看,1)和2)基本上和目前AI研究里的弱AI与强AI相对应。上述的两个研究方向从20世纪90年代(相关专业协会和期刊开始的时候)就同时开始,但是后者总是滞后一段时间,

[1]Bloom BS. The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. Educ Res. American Educational Research Association; 1984;13: 4 - 16.

[2]Shute VJ, Psotka J. Intelligent Tutoring Systems: Past, Present, and Future. apps.dtic.mil; 1994; Available: <https://apps.dtic.mil/docs/citations/ADA280011>

[3]Grand Challenges - Advance Personalized Learning [Internet]. [cited 19 May 2019]. Available: <http://www.engineeringchallenges.org/challenges/learning.aspx>

[4]Graesser AC, Hu X, Sottolare R. Intelligent tutoring systems. International handbook of the learning sciences. Routledge; 2018. pp. 246 - 255.

[5]Anderson JR, Corbett AT, Koedinger KR, Pelletier R. Cognitive Tutors: Lessons Learned. Journal of the Learning Sciences. Routledge; 1995;4: 167 - 207.

[6]Falmagne J-C, Albert D, Doble C, Eppstein D, Hu X. Knowledge Spaces: Applications in Education. Springer Science & Business Media; 2013.

[7]Kulik JA, Fletcher JD. Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. Rev Educ Res. American Educational Research Association; 2016;86: 42 - 78.

后者的发展需要基于前者发展的积累。在 ITS 领域，真正开始进行 ITS 框架的研究是在 2012 年 [8]，美国陆军实验室的 Sottolare[8] 博士带领他的团队并以一种前所未有的方式研究通用智能辅导框架（Generalized Intelligent Framework for Tutoring, GIFT）。本文的目的是介绍通用智能辅导框架（GIFT）相关的研究开发理念、理论框架、技术实现和研究模式。

二、GIFT：四个关键的组成部分

ITS 的四个关键组成部分是 GIFT 最原始的理论原型。这四个组成部分已被 ITS 研究者所公认。研究者通常用“模型”（Model）来描述它们的结构，开发者则通常将它们称为“模块”（Module）。它们分别负责学习者（Learner）、学科领域（Domain）、教学方法（Pedagogy）和互动接口（Interface）[4]。

GIFT 作为一个最通用的 ITS 框架，毫无疑问应该包括四个模块，分别对应学习者模型、领域模型、教学模型和接口模型。这里要注意的是，GIFT 将接口模型做成了 ITS 成分与学习者和外部环境（譬如学习者可穿戴设备）进行信息交换的传感器模块。图 1 即描述了 GIFT 的信息流，主要显示 ITS 成分、学习者和外部环境三者之间交互和信息传输的过程。

传感器模块

传感器模块是由一组行为和心理传感器组成。它接收原始数据，并对这些数据进行处理、分段并提取关键特征，将其转化为可用的格式。这些原始数据可能会从学习者的可穿戴设备中获取，然后通过信息通道将处理好的数据传输到学习者模块中。真实结构中的每一个传感器都是不同的，要给每个传感器提供一个接口和一个相对应的传感器处理模块。每个传感器都有加工成本，因此在不同的训练平台（例如基于计算机的训练、移动学习）上确定每种认知和情感状态的最小传感器集是至关重要的 [9]。

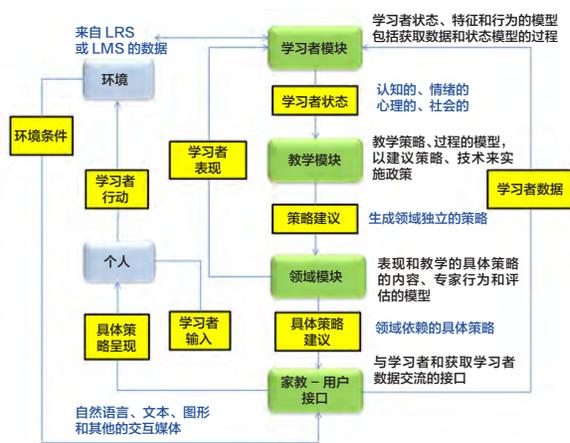


图 1: ITS 成分、个体学习者和外部环境之间的自适应交互

[8]Sottolare RA, Brawner KW, Goldberg BS, Holden HK. The generalized intelligent framework for tutoring (GIFT). Orlando, FL: US Army Research Laboratory--Human Research & Engineering Directorate (ARL-HRED). researchgate.net; 2012; Available: https://www.researchgate.net/profile/Robert_Sottolare/publication/271907248_Generalized_Intelligent_Framework_for_Tutoring_GIFT/links/54d60a7c0cf2464758093933/Generalized-Intelligent-Framework-for-Tutoring-GIFT.pdf

[9]Sottolare RA, Brawner KW, Sinatra AM, Johnston JH. An updated concept for a Generalized Intelligent Framework for Tutoring (GIFT). GIFTtutoring.org. 2017; Available: https://www.gifttutoring.org/attachments/download/2076/Updated%20Concept%20for%20the%20Generalized%20Intelligent%20Framework%20for%20Tutoring_9%20May%202017.pdf

学习者模块

学习者模块基于学习者模型。它根据记录库（例如学业表现）和学习者输入（例如交互数据）的历史数据对学习者的状态进行评估。学习者模块的功能是确定学习者的状态，以及追踪学习者相关的特质数据和课程数据，在教学过程中预测学习者的学业表现和趋势。学习者模块利用来自传感器模块预处理的行为和生理数据、表现评估、人口统计学、自我报告和观察数据，对学习者的状态进行分类。教学模块根据学习者的状态数据决定为学习者呈现什么内容和教学策略 [10]。

教学模块

教学模块接收来自学习者模块的数据，根据学习者的状态和学业表现决定教学的内容、顺序和流程。它从领域模块接收教学内容的信息。教学模块的任务是回答“当学习者处于当前状态时，应推荐什么教学内容”的问题。领域模型负责将教学策略的要求转换为学习者的行动。与其他模块类似，确定采取哪些行动的过程可能因模型而异（例如决策树）。当有多个选项时，教学策略将决定下一步做什么，它们可以提供提示和反馈，以及改变交互的节奏和难度 [11]。

领域模块

领域模块的目的是定义和组织领域知识。GIFT 旨在与任何领域的知识标准（例如 IEEE 等）进行对接，以利用与其兼容的领域特定内容。领域模块的执行由教学模块推荐广义的教学策略驱动，然后领域模块会将其转变成具体的教学策略。这将决定教学内容的呈现方式，并能评估学习者的活动和课程进展。在领域模块进行学习评估，然后向教学模块提供学习者评估的结果，保持了教学模块的领域独立性和其他功能。领域模块获取来自训练环境的数据，并根据关键概念表评估表现。被评估的概念是任务的一部分，而任务则是课程的一部分。所有的任务评估都涉及到所完成的工作、任务完成的条件，以及评估任务表现的标准或措施 [13]。

总之，当代很多的 ITS 都只是在一个特定领域上的实践，所以只是一种“应用”。而 GIFT 的目的是可以适用于所有不同类型的 ITS 实践。它在设计上尽可能反映所有“应用”的属性，这样的“框架”才可能将所有的 ITS 整合到一个统一的框架之下，使得 GIFT 可以被研究者和应用工作者接受并指导他们的研究与实践。更重要的是，Sottolare[10-13] 团队及其合作者对如何将 ITS 的四个模型具体转换成可以操作 / 运行的

[10]Sottolare R, Graesser A, Hu X, Holden H. Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems: Volume 1: Learner Modeling. Army Research Laboratory; 2013.

[11]Sottolare R, Graesser A, Hu X, Goldberg B. Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems: Volume 2: Instructional Management. Army Research Laboratory; 2014.

[12]Sottolare R, Graesser A, Hu X, Brawner K. Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems: Authoring Tools and Expert Modeling Techniques. US Army Research Laboratory; 2015.

[13]Sottolare R, Graesser A, Hu X, Olney A, Nye B, Sinatra AM. Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems: Volume 4 - Domain Modeling. US Army Research Laboratory; 2016.

系统做了大量的理论研究和技術实现。

三、GIFT 的开源原型 (Open-Source Prototype)

GIFT 框架与其他“框架”的区别在于它可以同时并存于一个可以操作和进行实验的原型。这个原型与 GIFT 理论框架相辅相成。GIFT 里面的所有新内容都可以在这个原型上实现。研究者在这个原型上开发的学习技术和方法都可以在 GIFT 文档中更新。GIFT 的原型是开源的，每年在固定时间升级两次。全世界有 80 个国家和地区的近 1000 名学习领域的科学和技术研究人员参与 GIFT 的研究开发。在美国及欧洲有近 30 个机构参与 GIFT 的研究合作。

GIFT 开源原型有两种形式：一种是单机模式，一种是云模式。单机模式用于穿戴式或嵌入式教学系统，充分应用 GIFT 中的传感器模块，一般多用于训练场景（见图 2）。云模式和通常的在线学习的方式相似，GIFT 开源原型提供课件平台和教学平台以供学习者学习（见图 3）。不论是单机版还是云端版，GIFT 开源原型都遵循统一的技术标准。



图 2：GIFT 单机版用于技能训练

GIFT 源代码以 JAVA 为基

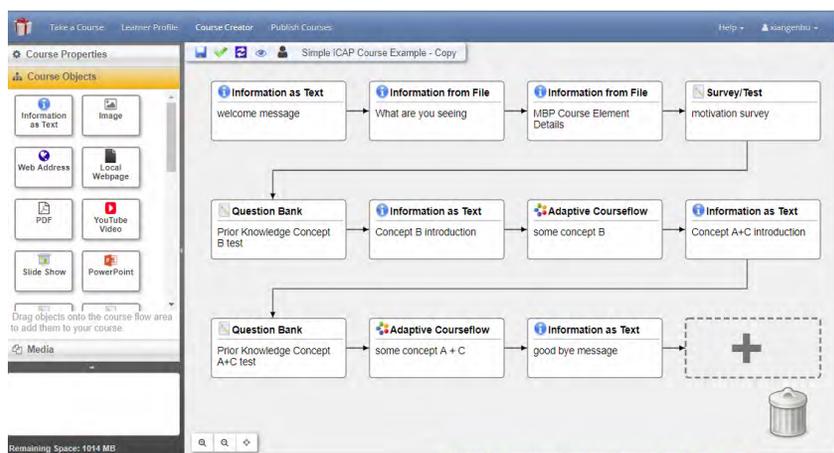


图 3：GIFT 云平台内容编辑界面

础（可访问 <https://www.gifttutoring.org/> 下载），可以用来构建、部署和管理自适应训练的内容。不同的用户可以按自己的需求使用 GIFT 源代码。学习领域的科学家可以下载源代码，对已有的模块增加新的功能，将自己已有的 ITS 与 GIFT 连接起来，就能用 GIFT 框架来管理学生，最后结合 GIFT 的模型框架（例如领域模块、学习者模块、教学模块等）建立新的 ITS。对技术不熟悉的研究者可以使用这个平台和已有的 ITS 例子，设计实验去监测新的教学方法。GIFT 原型里的所有参数都是可变的。研究者可以根据不同的学习原理，利用已有技术设备去设计实验。

基本技术

GIFT 开源原型的程序结构与 ITS 的理论结构（领域模型、学生模型、教学模型和用户接口模型）相似。除了传感器模块是用户接口模型的延展之外，其他模块只是名字上略有不同。GIFT 开源原型的基本技术有以下特点：1）开源：由于该原型是开源的，可以得到 GIFT 中所有的技术资源和已有的研究资源，通过利用这些资源来实施自己的研究；任何有 JAVA 基本知识以及对编辑 IED（例如 Eclipse）平台熟悉的研究者都可以直接重新编译。2）参数控制：GIFT 开源原型的所有模块都是参数可控。例如，领域模型由领域知识文件（Domain Knowledge File, DKF）控制，这只是一个 XML 文档。以同样的方式能够控制学习者模型、教学模型和用户接口模型。由于这两项基本技术，研究者可以根据 GIFT 框架在这个平台上开发单机版或云端版的 ITS。

高级技术

除了关注基本功能之外，该开源原型还具有一些高级功能，包括：

（1）整合已被证实的学习或教学理论，例如最新的 ICAP 理论框架 [14]。ICAP 框架将学习行为分为交互、建构、主动、被动学习四种模式。ICAP 假设随着学生对学习材料的参与度越来越高，从被动到主动，从建设性到互动性，他们的学习收益将会增加。

（2）整合先进的仿真环境，例如 Unity、Virtual Human Tool Kit（南加州大学 ICT 创新技术研究所的最新研究成果 [15]），以及其他物联网应用程序（例如谷歌 map API）使用的 API 等。

（3）运用学习工具互操作性（Learning Tools Interoperability, LTI）集成其他现存的学习系统，例如 MOOC。LTI 的标准规定了一种方法，使学习应用程序和工具能够以一种安全标准的方式，不需要昂贵的自定义编程，就能轻松而安全地与学习管理系统（Learning Management Systems, LMS）、门户和学习对象存储库等平台连接起来。

（4）在行为研究中利用现有的最佳实践，例如使用标准（xAPI、LTSC）、统一素养模型（CaSS, <https://www.cassproject.org/>）。

[14]Chi MTH, Wylie R. The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educ Psychol*. Taylor & Francis; 2014. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00461520.2014.965823>

[15]DeVault D, Mell J, Gratch J. Toward natural turn-taking in a virtual human negotiation agent. 2015 AAAI Spring Symposium Series. *aaai.org*; 2015. Available: <https://www.aaai.org/ocs/index.php/SSS/SSS15/paper/viewPaper/10335>

四、GIFT 的发展和研究模式

GIFT 最初是美国军方的一个研发项目，与今天使用的其他常见技术（例如互联网等）类似，都是源于类似的研究机构。尽管目前已经有非常好的 ITS 产品，但因为其标准化程度低，难以推广，以致进行 ITS 的应用研究是非常困难的。在 ITS 发展 20 年以后，研究者认为研究通用 ITS 的时机到了，因此 GIFT 应运而生。Sottolare 博士和他的团队采取了比较新颖的研究范式：1) 从具体原型开始的螺旋式研究。将 GIFT 框架的基本原理以开源、灵活（参数可控）的方式做成研究平台。2) 将开放平台提供给研究社区，组织（并资助）专家团队围绕 GIFT 的关键问题进行攻关。尤其值得注意的是，专家团队的第一目的是对已有 GIFT 框架和开源平台提出批评。3) 理论指导实践。每年都有一个专门的专家团队对 GIFT 中的一个模块或功能进行专家质询，并且将结果以书的形式直接分享给所有的研究者。除了关注 ITS 的通用模型（学习者模型 [10]、领域模型 [13] 和教学模型 [11]）之外，专家还专门研究评估模型 [16] 和群体教学模型 [17]。所有的研究成果都以论文或书的形式与研究者共享。每年还有一个 GIFT 专题讨论会（Symposium），研究者和开发者经过一年时间的准备在这个讨论会上展示成果，分享经验，解决问题 [18]。

五、小结

作为当今学习技术中最具挑战性的研究及应用方向之一，ITS 一直受到学习领域科学家的青睐。对 ITS 的研发体现了研究者对人的学习机制的研究和技术发展的最佳融合。GIFT 的出现标志着研究从探索性阶段开始走向成熟。GIFT 有利于研究者在标准化的框架下重新对已有的 ITS 研究及成果进行考察。GIFT 的开源原型为学习领域的科学家提供了一个不可多得的实验平台。GIFT 的研发模式值得了解和借鉴。



查看内容精选

[16]Sottolare R, Graesser A, Hu X, Goodwin G. Design Recommendations for Intelligent Tutoring System – Volume 5: Assessment Methods. US Army Research Laboratory; 2017.

[17]Sottolare RA, Graesser AC, Hu X, Sinatra AM. Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems: Volume 6 – Team Tutoring. US Army Research Laboratory; 2018.

[18]Collection of GIFT R&D Documents [Internet]. [cited 19 May 2019]. Available: <https://www.gifttutoring.org/projects/gift/documents>