



上海科技大学
ShanghaiTech University

本科毕业论文（设计）

题 目：缓解教育场景中知识诅咒现象的交互式
人工智能辅助系统的设计与实现

学生姓名： 李欣然

学 号： 2020533160

入学年份： 2020

所在学院： 信息科学与技术学院

攻读专业： 计算机科学与技术

指导教师： 李权

上海科技大学

2024 年 05 月



上海科技大学
ShanghaiTech University

THESIS

Subject: Mitigating the curse of knowledge in the education scenario, interactive AI-supported learning prerequisite recommendation and visualization

Student Name: Xinran Li

Student ID : 2020533160

Year of Entrance: 2020

School: School of Information Science and Technology

Major: Computer Science and Technology

Advisor: Quan Li

ShanghaiTech University

Date: 05 / 2024

上海科技大学

毕业论文(设计)学术诚信声明

本人郑重声明：所呈交的毕业论文（设计），是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： 李欣然

日期：2024年5月11日

上海科技大学

毕业论文（设计）版权使用授权书

本毕业论文（设计）作者同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权上海科技大学可以将本毕业论文（设计）的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本毕业论文（设计）。

保 密，在__年解密后适用本授权书。

本论文属于

不保密

（请在以上方框内打“√”）

作者签名： 李欣然

指导教师签名： 赵晓

日期：2024 年 5 月 11 日

日期：2024 年 5 月 11 日

摘要

知识诅咒 (Curse of Knowledge) 又被称为专家盲点，它指的是在与他人交流时，人们常常下意识地假设对方已经具备理解所需背景知识的现象。这种认知偏见在教育过程中经常出现，通常源于拥有某一领域专业知识的人，难以意识到他人可能不具备相同的知识背景。这种假设他人与自己一样理解事物的倾向，可能导致信息传达的不清晰，从而造成学习困难。在教育场景中，知识诅咒现象尤为显著。教师常常面临挑战，因为他们已经掌握了某一领域的知识，难以体会到学生在学习过程中的困难和挑战。学生的实际基础知识水平可能与教师的期望存在差距，这种所谓的“知识匮乏”现象可能导致学生难以理解和掌握新知识。因此，本毕业设计的主要目标是设计一款交互式人工智能辅助系统，以缓解教师的知识诅咒偏见。该系统旨在提前识别教学内容的先决条件，帮助教师更好地理解学生的知识水平，以更有效地传授知识。同时，这个系统也旨在协助学生更好地了解自己对知识的掌握程度，从而提高他们的学习效果，减轻知识诅咒所带来的负面影响。通过提供可视化支持，该系统将有望改善教育过程中的信息传递，促进更清晰、更有效的教学和学习体验。

关键词：知识诅咒，交互式 AI 辅助系统，可视化

Abstract

The Curse of Knowledge, also known as Expert Blindness, refers to the phenomenon whereby when interacting with others, people often subconsciously assume that the other person already had the required background knowledge. This cognitive bias occurs frequently in education, and usually derives from the difficulty of people with expertise in a particular field to realize that others may not have the same background of knowledge. This tendency to assume that others understand things in the same way as they do can lead to unclear communication of information, which results in learning difficulties. The curse of knowledge phenomenon is particularly significant in educational scenarios. Teachers are often challenged to understand the difficulties and challenges that students face in the learning process, since they have mastered a particular area of knowledge. There may be a huge gap between the actual level of basic knowledge of the students and the expectations of the teachers, and this so-called "knowledge deficit" phenomenon may lead to difficulties in comprehending and mastering new knowledge for students. This thesis attempts to design an interactive AI-assisted system to alleviate the curse of knowledge bias of teachers. The system aims to recognize the prerequisites of the content in advance and help teachers to better understand knowledge levels of students in order to deliver knowledge more effectively. At the same time, the system also aims to assist students to better understand their own level of knowledge, thereby improving their learning outcomes and mitigating the negative impact of the knowledge curse. By providing visualization support, the system will hopefully improve the delivery of information in the educational process and promote a clearer and more effective teaching and learning experience.

Keywords: The Curse of Knowledge, Interactive AI-assisted System, Visualization



目 录

第一章 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 问题阐述	1
1.3 本文贡献	3
第二章 相关研究	4
2.1 知识诅咒	4
2.2 技术增强型学习和教育推荐系统	5
第三章 形成性研究	7
3.1 学生调查研究	7
3.2 教师半结构性访谈	7
3.3 总结	8
第四章 系统架构	9
4.1 系统整体架构	9
4.2 算法后端数据处理	10
4.2.1 视频数据处理	10
4.2.2 知识点抓取	11
4.2.3 图的计算与生成	11
4.3 数据库后端介绍	12
4.4 可视化页面设计	13
4.4.1 学生端可视化系统设计	14
4.4.2 教师端可视化系统设计	16
第五章 实例研究	19
5.1 学生使用场景介绍	19
5.2 教师使用场景介绍	21
第六章 讨论	23
6.1 本文贡献	23
6.2 实用性	23
6.3 可泛化性	23
6.4 局限性	24
6.5 未来研究方向	24



第七章 结论	25
参考文献	26
致谢	29

第一章 引言

1.1 研究背景

教育是个人成长、社会进步和经济繁荣的基石^[1]。多年来我国一直在探索落实优质的教育建设，不断寻求更适合人民的教育方法。在教育体系中，教师往往扮演着最关键的角色：学生通过教师来学习新的知识，教师需要与学生互动与交流来了解学生对的知识需求、掌握程度。理解与沟通在教育过程中扮演着极其重要的角色。然而，现代学者常认为教育中存在一种极其常见的认知偏差——知识诅咒，这种认知偏差在自然科学学科与工学学科的教育过程中更为普遍^[2,3]。

知识诅咒是指当一个人在与他人交流时，假定他们都有共同的背景和理解，就会认为他人拥有只有自己拥有的信息^[4]。知识诅咒意味着，通过教师的观点来思考学生是如何看待和学习知识，而不是通过学生的经验与理解来思考学生是如何看待和学习知识的。这种偏见即使并不是有害的，但也可能对学生的理解带来很大的困难。知识诅咒确保教育者期望学习者按照他们所相信的方式学习和行为。带着这种“诅咒”的教育者很难想象学习者不知道之前向他们提供的确切信息。知识诅咒导致了这样一种教育环境，即教育者看到的是教学的全貌，而学习者理解到的只是其中的一小部分知识^[5]。教师深厚的专业知识和对学科的深刻理解可能会阻碍知识的有效传播，从而导致教师低估学生在理解新知识时所面临的挑战^[3,6]。因此，学生与教师的有效沟通与反馈是非常有必要的，教师需要知道学生的需求和反馈来减少自己与学生之间的理解偏差，从而更好地安排课堂内容与教学计划。

1.2 问题阐述

在现实课堂中，教师在准备课堂内容和安排教学进度时会遇到一些相似的问题。在备课时，教师会以自己的教学经验估计学生的平均知识水平，根据往年的课堂授课经验和规定的教学安排规划教学安排。然而，仅仅通过教师的经验自行进行对学生能力的评估与判断常常会出现偏差。在估算他人的知识时，估算者会预测，当自己知道答案时，知道答案的人数会多于不知道答案的人数，这就是一种“知识诅咒”^[7]。由于学生自身背景的复杂程度与多样性，教师作为估算者一定会不可避免地误判学生的背景和学习能力。更不用说学生的对知识的记忆仍会随着时间不断淡化^[8]，增加了教师预评判的难度与学生个体对知识了解程度

的不确定性。在实际授课时，教师会根据学生的课堂反馈或者课后的反馈及时了解学生存在的问题，在动态调整课堂内容、课时安排与知识结构的同时，平衡学生的需求和教学的安排。然而，无论是课堂反馈还是课后反馈都存在一定问题。学生会在课堂上因为自身原因或者其他客观原因，不情愿回应老师的主动提问，抑或是进行无效反馈（例如没有认真思考、没有认真听课），导致老师无法获得有用的正向反馈，无法对学生的课堂体验与对知识的理解程度进行准确的评估。在课后也会存在同样的因为个人原因导致的沟通障碍。排除个人因素，学生仍然存在无法理解自己问题所在、不能准确评估自己对知识的掌握程度等由于自己能力不够而产生的类似问题，从而导致学生不敢向老师提出问题、不能及时地发现自己的问题所在。以上出现的问题在线上教学中更为突出，线上教学相较于线下教学更难以收集学生的反馈^[9]。例如课后考试、作业等评估手段又存在反馈过于滞后的问题，虽然反馈较前面提到的方法更加精确，但却无法帮助教师实时了解学生的整体情况。

对于已有的技术增强型学习（Technology-enhanced learning, TEL）^[10]，例如利用机器学习等辅助技术来帮助教师更好检测学生的学习情况、了解学生的学习状态^[9,11]，抑或是用智能的辅助系统帮助学生选择个性化学习路线、利用 AI 辅助学生更好地预习与学习知识^[12,13]，虽然解决了一部分上述教学中存在的问题，却都忽略了教师与学生之间存在的认知偏差。尽管现有的研究已经提出了部分减轻知识诅咒的方法^[5,6,14]，但在实际场景的运用仍存在较大的困难。有学者认为以偏见意识为目标的理论培训可能会在实际场景中失去效力^[15]，换句话说，即使告诉教师他们自身对知识的理解与学生的理解有很大差距，他们仍然无法有效地代入学生视角或者完美地弥补这种认知差距。

除去以上几点存在的教学问题，仍有其他问题并没有得到充分关注或者解决。例如现实教学中往往会忽略前置知识对学习新知识的重要性，这往往是阻碍学生系统性学习新知识的关键^[6]。同时，由于学生的背景差异极大，学生对当前概念的前置知识的掌握程度各不相同，教师常常难以帮助学生提前弥补对前置知识的掌握与了解。另外，现有的许多研究还忽视了教师与学生在交流中的理解或者认知差距：教师难以理解学生的问题所在，学生难以表达出自己想问的问题。例如学生在教师意想不到的基础知识上存在问题，教师从未想过某些知识点学生会有理解困难；学生难以用语言清晰地表达出自己困惑的关键，教师无法理解具体哪个知识点学生出现了困难。

1.3 本文贡献

本毕业设计将把研究重心放在线上教学。线上教学相比与线下教学虽然有部分明显的缺陷，例如教师无法观察学生面部表情以及神态等肢体动作来判断学生听课的状况，但线上教学在数据收集与数据可视化方面具有显著优势，故非常适合技术增强型学习的应用。教师可以可视化界面直观了解学生对知识点的主观掌握程度，学生的需求和学生课程观看数据，并通过分析学生的交互数据、视频数据来规划自己的教学进度，调整教学安排。而学生可以在课程界面通过与课程视频、课程界面进行互动来帮助教师了解自己的学习情况。同时，本毕业设计还引入了 AI 辅助分析数据、进行数据爬取来自动生成知识网络结构等智能分析手段，帮助教师更高效的分析数据、准备课程内容。综上，本毕业设计的主要贡献总结如下：

1. 进行问卷调查：对 129 名学生进行调查，以了解他们对知识诅咒在教学中存在现象的看法，收集学生对课程的部分需求，以及确定收集学习互动数据的合适方法。进行线上访谈：与 6 名教师进行访谈，了解他们对知识诅咒现象的认知和看法，了解以他们在提高教学技能方面的需求、对线上教学平台的需求、对现有的教学平台的看法。
2. 设计和开发一个交互式人工智能辅助系统 *TSLink*，集成了知识图谱构建算法与 AI 辅助爬取、筛选知识点信息的实现，旨在改善学生的学习体验，并利用学习数据协助教师减轻知识诅咒对教学工作的影响。
3. 进行案例研究和用户实验，探索 *TSLink* 的可用性与实用性，探讨了其对未来教育实践的潜在影响。

第二章 相关研究

本毕业设计所涉及到的相关工作分别为：知识诅咒和技术增强型与教育推荐系统。

2.1 知识诅咒

目前已有很多学者深入研究被称为知识诅咒的认知偏见，学者们发现这个现象在许多领域都尤为普遍，例如教育、虚拟数据交流、甚至是经济学领域^[16-18]。在与人交流的时候，人们通常会下意识假定对方拥有与自己认知水平相当的背景知识和理解能力，从而认为对方能完全理解自己所要表述的信息^[19]。教育的基础是人与人之间的沟通，故在教育领域，这种由于知识诅咒导致的理解偏差尤为突出^[14]。而这种理解偏差又会极大的妨碍教学，Wiemann 等人^[3]认为站在授课者的角度来理解学生的知识储备和理解能力是极其危险的。Heath 等人^[16]将这种现象定义为拥有知识的教育者与缺乏知识的学习者之间的认知差距。换句话说，教师经常高估学生对所学知识的熟悉程度与掌握程度^[5,20]。以往的研究将这种差异归因于教师严重依赖与相信自己过去的专业知识，而并没有站在学生角度思考，或者是对学生的理解水平判断失误^[3,5,6,20]。

目前也有许多研究提出了如何减轻知识诅咒、或者克服这种偏差带来的影响。Heath 等人^[16]首先定义了这种现象并提出了六个能有效客服这种知识诅咒的关键因素。在此研究基础上，Froyd 等人^[14]提出了四种策略，包括鼓励利用原则使信息具有粘性，开发更多反思方法来理解学习和教学，鼓励建立教学档案，以及在课程开始和整个过程中确定学生掌握的知识。Ambrose 等人^[6]确定了七项基于研究的智能教学原则来提高学习效率。基于这七项原则，Pipia 等人^[5]总结出三项打破知识诅咒的教学基本：学习者掌握关键技能、学习者掌握如何在实践中整合所学技能、学习者掌握何时整合所学技能。同时，Pipia 等人^[5]总结出来了七大准则—教育工作者应考虑的七项学习原则，并邀请学生与教师参与的定性研究，了解学生和教师在教育过程中是否能很好地相互理解，他们有哪些障碍，以及他们如何努力克服这些障碍。但由于此研究仅采访了 12 位高等教育的博士生与教授，数据样本较小、涉及到的参与者学历较高，研究结论可能并不具有普遍意义。虽然教师可以从大量的教育研究中深入了解学生的认知过程和常见挑战^[21]，但这些资源可能并不充分，且实践过程仍有较大困难。

本毕业设计旨在加强教师与学生在课程中的及时沟通，通过多种方式收集学生对课程的反馈、对知识点的理解反馈，来促进学生更好地吸收知识，帮助老师改进课堂体验、提升教学能力。通过收集理论研究中提到的教学困境以及解决方法的灵感^[5,14]，我们解决了这样一个教学困境：在教学新知识的时候，教师会面对难以收集学生对前置基础知识的掌握程度以及对正在教授的知识的理解程度，从而难以根据教学反馈合理调整课程安排、加强对某些重难点知识的进一步阐释。我们提出并设计了一种人机协作、人与 AI 合作的智能教育平台，加强了学生与教师的理解与交流。

2.2 技术增强型学习和教育推荐系统

技术增强型学习是指在教学方法中应用以计算机为基础的科技，以强化、促进学习过程^[10]。直至今日，技术增强型学习已经发展出了许多应用实例，例如虚拟学习环境（Virtual Learning Environments）、自适应学习技术（Adaptive Learning Technologies）、游戏化学习（Game-Based Learning）、移动学习（Mobile Learning）和协作学习技术（Collaborative Learning Technologies）。根据本毕业设计的研究目标，我们将重点缩小到旨在支持学习和教学活动的教育相关的 TEL 的相关文献。

技术增强型学习给教育系统带来的一个便利主要是集中在对学习资料的智能化整理、与为学生提供个性化的学习路径。传统教育主要通过学生手动筛选大量资料、选择出符合教学大纲的有用内容，尤其耗费时间和精力。而 TEL 通过机器学习的技术手段，实现智能化推荐与筛选，从大量的内部教育资源（如教师录制的网课资源、讲座资料^[22]）和外部资源（如网络在线文章、公开的视频类网课^[23]）推荐学习资料，为学生提供了较大的便利。对于推荐式系统，Adomavicius 等人^[24] 将这类系统划分为三大主类型：基于内容的推荐方法（Content-Based）、协作推荐方法（Collaborative）和混合（Hybrid）推荐方法。Murayama 等人^[25] 使用基于内容的推荐方法提出了 iKnowde，该系统通过识别和跟踪新手学习者的学习主题和当前知识状况，并提供合适的、动态更新的学习路径，来应对新手学习者面临的挑战。Rafaeli 等人^[26] 提出了 QSIA 试图加强学习者之前的知识共享，使用协作推荐方法根据类似用户历史评价来预测项目对当前用户的效用。对于混合推荐方法，此方法同时整合了协作方法和基于内容的方法，例如 Salehi 等人^[27] 将材料的多维属性、学习者的评分以及学习者访问材料的顺序和序列模式纳入一个统一的模型，整合进行个性化推荐。

另外，除去针对学生的设计，大量推荐技术也从教师角度迎合了他们的需

求。Ma 等人^[9]提出 Glancee，将自适应监控画面与计算机视觉面部识别算法相结合，通过可调整的界面为教师提供实时的学生学习状态显示。Liu 等人^[28]构建了一个网络-物理-社会系统（Cyber-physical-social System），利用摄像头和多种传感器来跟踪学生的学习过程，并应用强化学习技术基于多模态传感数据，为教师推荐课堂上有效的学习活动。在翻转课堂的背景下，人工智能聊天机器人^[29]可以以辅导员的身份与学生互动，并为教学了解学生的兴趣和弱点，并关注学生不清楚的知识点，辅助教师提安排教学。

从学生的角度，本毕业设计主要关注前置知识和新知识之间的联系，帮助学生了解自己前置知识点掌握的不足之处，从而避免由于未能掌握过去的知识而无法正常理解和吸收新知识的情况；并提倡学生主动进行探索，通过与知识的互动来逐步找到自己的缺陷。从教师的角度，与以上直接利用智能系统帮助教师发现和解决问题的方法不同，本毕业设计的目标是提高教师的对知识诅咒现象的认知与重视程度，让教师更关注学生需求，从而进一步调整教学计划、提升教学水平。另外，我们利用实时反馈系统，将学生的反馈实时呈现给教师，让问题的发现与解决更加迅速。

第三章 形成性研究

本毕业设计旨在减轻知识诅咒偏见对教学的影响，并着眼于运用了 TEL 技术帮助教师和学生的线上课堂。在帮助教师和学生提升教学体验的同时，增进双方的互相理解。因为，我们分别对学生进行了实验性问卷调查，对教师进行了半结构式访谈。在调查过程中，与双方探讨了在教学活动中对知识诅咒现象的感受与看法，寻找最适合双方的、双方均觉得可行并有效的减轻知识诅咒偏见的方法。

3.1 学生调查研究

在与部分学生进行交谈以及参考部分文献设计的问题后，我们草拟了一份调查问卷收集学生在平时上课时对知识诅咒现象的看法与体验、同时也收集了对于线上课堂的体验。问卷调查的内容主要包括个人背景资料收集、学习新知识遇到的困难、向老师反馈问题遇到的意愿与途中遇到的困难、对线上教学系统互动数据与播放数据收集的意愿，有效检验自己对知识的掌握程度的最佳方法，以及他们对开发一个能够捕捉其视频浏览行为并促进主动反馈的系统的看法。我们最终主要通过社交媒体发布了调查问卷，调查对象是高中学历以上的学生，其中不完整的回复或者作答时间小于 1 分钟的结果将不被计入最后的统计结果。

最终，我们共收到 129 份来自学生的有效回复（男生 65 份，女生 60 份，不愿透露性别的 4 份），其中高中生 17 份，本科生 72 份，硕士生 35 份，博士生 5 份。除高中生外，他们均来自于不同的年级和专业，其中包括科学、医学、工程、商业、人文等。所有受访学生都有在线学习的学习经历。

3.2 教师半结构性访谈

我们设计了一个访谈脚本，促使参与访谈的教师分享他们组织备课的经验和平时上课的课程体验、以及对线上教育平台的看法。我们草拟的访谈脚本主要设计了三个板块的问题：背景资料调查（教龄、教授课程、研究方向），线下教学体验与线上教学体验。在线上和线下教学体验板块，分别询问了关于教学方法、如何处理学生遇到的困难、在教学新知识时会遇到什么困难等问题。在线上教学提问中，着重询问了教师线下教学的经历，线上相对于线下独有的困难以及对线上教育平台的期望和看法。同时我们也询问了教师他们认为有效检验学生

对知识的掌握程度的最佳方法。

最终，我们邀请了 6 位教师 (I1~6) 参与半结构式访谈（男性 3 位，女性 3 位），其中资历较浅的教师 2 位，平均教龄 4 年；资历较深的教师 4 位，平均教龄 26.8 年。如表3.1所示，他们来自不同学校，擅长不同领域。由于新冠疫情的原因，所有受访者都使用过在线教育平台或工具。

表 3.1 访谈教师的背景资料汇总

ID	性别/教龄	教育类型	教学领域
I1	男性/27	高中	化学
I2	女性/30	高中	地理
I3	男性/4	大学	高等数学
I4	女性/30	大学	计算机科学
I5	男性/4	大学	机器学习
I6	女性/20	大学	旅游学

3.3 总结

经过问卷调查和访谈统计，学生普遍对前置知识的展示和讲解有需求，希望能用更方便更合适的平台或者方式与老师进行反馈。同时，学生们认为对明确知道自己问题出在何处有较大困难，希望能有工具帮助自己更快找到问题所在。对于数据收集的意愿，学生们普遍更希望教师能看到的是经过匿名处理后的统计性数据，较不愿意透露个人隐私。

而对于教师来说，往往更有经验的教师会对教学进度有比较强的把控能力，对学生的理解能力和基础知识水平能有比较准确的预估；较年轻的教师会觉得面对复杂背景的学生教学更有困难，希望在课堂上得到更多学生的反馈来及时调整自己的教学方案和进度。无论教龄的深浅，教师都希望能及时得知学生的学习进度、学习感受，及时获得学生的反馈信息并及时解决学生的问题，调整课程内容。

总的来说，学生和教师都希望能进行高效的沟通与交流，以促进知识的理解与学习，改进课堂体验。在此基础上，前置知识对教学内容的吸收及理解起着至关重要的作用，合理展示当前知识与前置知识之间的联系也能够提高教学效果。同时，对于线上智能教学平台，无论是教师还是学生，都持有积极的态度，均愿意通过这类平台来实现教育的创新与优化。

第四章 系统架构

4.1 系统整体架构

TSLink 系统主要由四个部分组成：数据库后端，算法后端，学生端可视化系统界面以及教师端可视化系统界面。他们的关系由图4.1所示，每个组件之间互相通信。

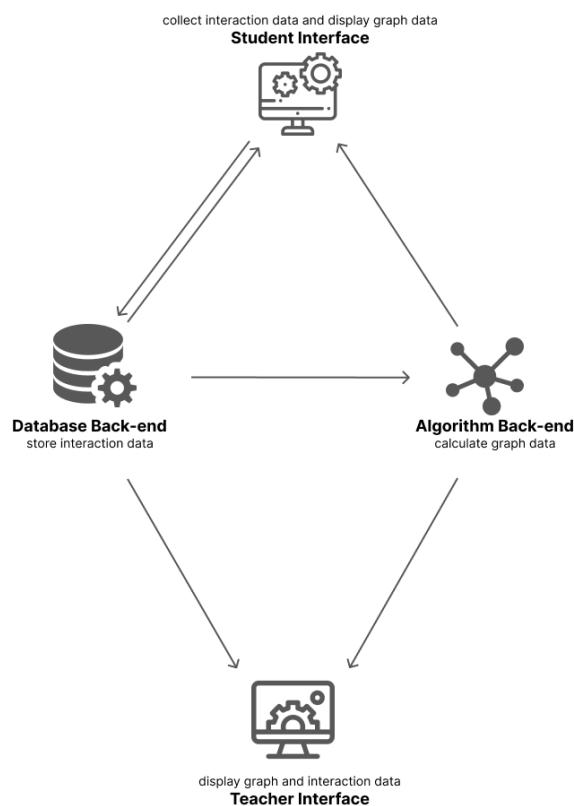


图 4.1 TSLink 系统整体架构

前端可视化系统界面分别为学生端与教师端。学生端负责展示视频，章节选择与评论发布区域，知识网络图及其知识点介绍以及收集学生与视频、知识网络图互动的数据；教师端负责展示收集到的学生播放数据与互动数据、学生发表的评论等。学生端需要获取数据库后端和算法后端的数据，向数据库后端传输数据；教师端需要从两个后端获取数据。

后端分为算法后端和数据库后端。数据库后端负责储存学生的与课程视频的互动数据，与知识网络图的互动数据以及发布的评论数据；算法后端负责预处理本节课视频的知识图数据，将网络图数据传给前端页面。同时算法后端需要从

数据库后端获取互动评分数据来生成给教师展示的热力图颜色分布。

4.2 算法后端数据处理

算法后端数据处理如图4.2所示，其中所有步骤可主要分为三个部分：视频数据处理，知识点抓取与图的计算与生成。教师只需要上传教授课程所需要的视频，算法后端则会通过上述主要过程处理出课堂所涉及到的知识点网络图。

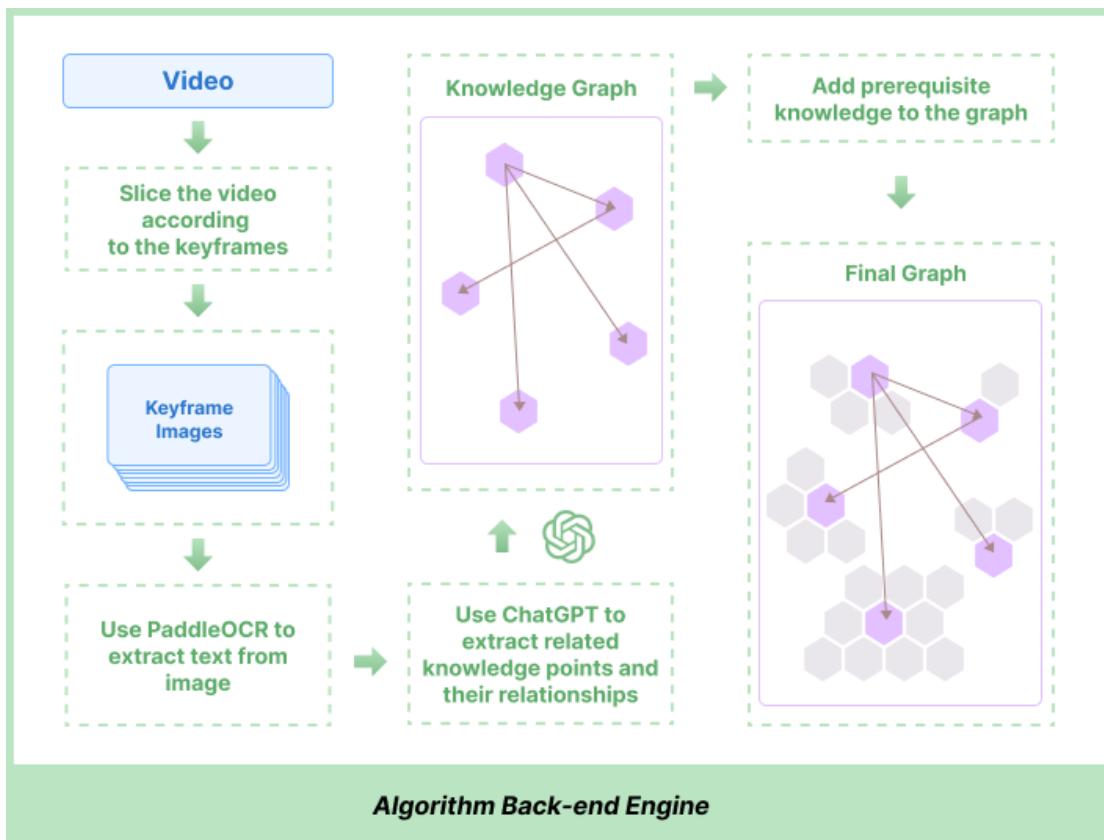


图 4.2 算法后端数据处理流程图

4.2.1 视频数据处理

对于教师上传的原视频文件，首先算法后端对视频运用最大帧间差法抽取视频关键帧^[30]。关键帧的定义是：视频中的某一帧与前一帧画面内容产生了较大的变化，我们便认为它是关键帧^[31]。运用最大帧间差法，我们在视频处理时选择平均帧间差异为局部最大值的帧作为关键帧。而在授课视频中，关键帧则是教师翻动 ppt 时教学内容变动的关键点，提取关键帧相当于提取授课使用的 ppt 资料，故用此方法提取出的视频关键帧为后续知识点的提取奠定了基础。对于教师来说，抽取视频关键帧简化了教师额外上传 ppt 资料的必要，帮助教师减少授课负担。由于提取出的视频关键帧是图片的形式，为了进行下一步知识点提取

需要将图片中的文字进行识别。我们采用百度飞桨 Paddleocr PP-OCRv3^[32] 模型，首先对提取出的关键帧图片进行初步 OCR 识别得到基础文本，再对基础文本进行文本相似度计算，进一步去除冗余得到校对筛选后的文本序列。

4.2.2 知识点抓取

得到基于视频提取出的 ppt 文本后，我们使用 ChatGPT 3.5^[33] 根据得到的文本序列进行知识点的提取以及联想。我们使用 GPT 3.5 版本，输入单张图片对应的文本，让大模型从 OCR 的文字序列结果抽取知识点，并联想基础知识点的相关前置知识，得到一级知识点——本节课包含的所有知识点与 GPT 联想的相关基础知识点。以上所有的节点被称为一级节点，也是网络图的骨架节点。

提取完一级知识点后，调用维基百科的 API^[34] 搜索 ChatGPT 抽取的所有知识点，将抽取的知识点统一替换为维基百科的搜索结果，我们认为相似的被抽取得到的知识点会对应到相同的维基百科词条，通过这种方式完成概念消歧^[35]。得到对应的维基百科概念词条后，需要进行一次人工清洗和筛选数据保证知识点关联性正确，避免出现过于奇怪的联想词和关联不大的知识点前置。进行这两个步骤之后，进行一级前置知识点的二次爬取，收集一级知识点的前置——一级前置知识点。具体方法为爬取维基百科页面的词条介绍部分作为知识点的解释，同时爬取其中的链出页面，作为下一级知识点。需要说明的是由维基百科提取到的一级前置知识点和由 GPT 扩展和提取的一级知识点是可以重叠的，两者并不冲突。

最终，经过以上步骤我们得到了 26 个一级知识点（视频原有知识点以及 GPT 扩展部分知识点），72 个一级前置知识点。

4.2.3 图的计算与生成

对于已经收集到的所有知识点节点信息，针对获得的所有一级知识点，建立显示知识点前置关系的有向图^[36]。定义一个有向图 $G = (V, E)$ ，其中 V 表示图中的顶点集，每一个顶点代表一个知识点。 E 表示图中的有向边集，每一条有向边 (u, v) 表示从顶点 u 指向顶点 v 。顶点 u 代表基础知识点，而顶点 v 代表由 u 的前置知识点。

得到点与边的信息后，需要计算得到所有节点的布局坐标，计算分为四个步骤如图4.3。要计算所有节点换算成六边形的顶点坐标，第一步先固定骨架节点的位置与坐标。计算骨架节点的坐标位置使用的算法是力导向图算法^[37]，调整合适的参数进行骨架布局。第二步生成 200×200 的点阵，作为六边形中心点的坐

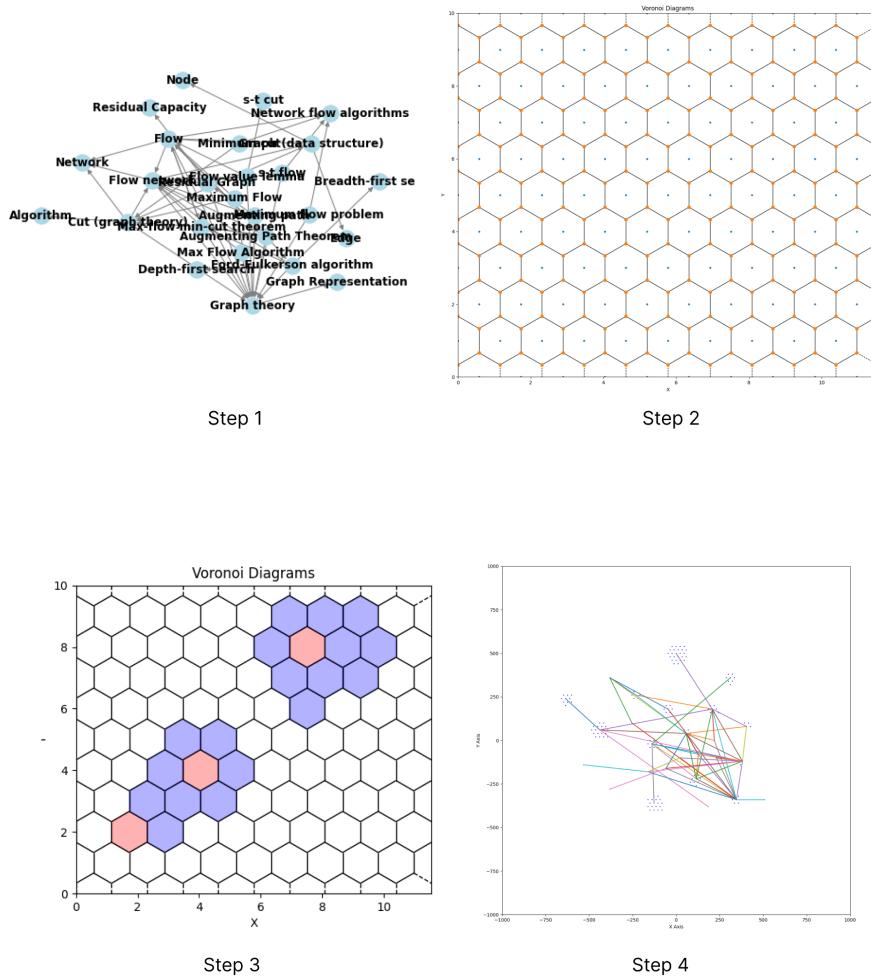


图 4.3 知识网络图坐标的计算步骤图示

标位置，以此基于中心点画维诺图（Voronoi Diagram）^[38]。第三步对第一步中的每个初始骨架节点，找到第二步点阵图中最近的六边形中心点，将这个中心点作为新的骨架节点坐标。然后将距离中心点最近的六边形，依次分配给骨架节点的所有前置知识节点，即一级前置节点。最后一步则是将得到的六边形点阵画出来如图4.3所示，调整示意图效果最后得到最终数据。

4.3 数据库后端介绍

数据库后端采用 Express 框架与 SQLite 数据库构建，分为三个数据库储存：视频播放信息数据库，学生评分数据库与学生评论数据库。学生与课程视频所有的互动数据将储存在视频播放信息数据库，例如视频进度条播放数据统计，暂停次数统计，视频倍速速率统计等。学生的评论数据则与视频的进度条播放时间、实际发送评论时间以及学生 id 绑定，教师可以这三种方式筛选、查看评论。学

生评分数据库则是储存的学生与知识网络图互动的交互评分数据，此数据需要随学生点击操作实时更新。数据库数据存储在本地.db 文件，方便实时读取与前端页面连接。

4.4 可视化页面设计

前端页面分为学生端与教师端。学生端负责收集学生互动数据，展示知识网络图，让学生浏览教学视频、学习知识；教师端负责展示学生端收集到的互动与视频播放数据，方便教师分析数据、查找问题。

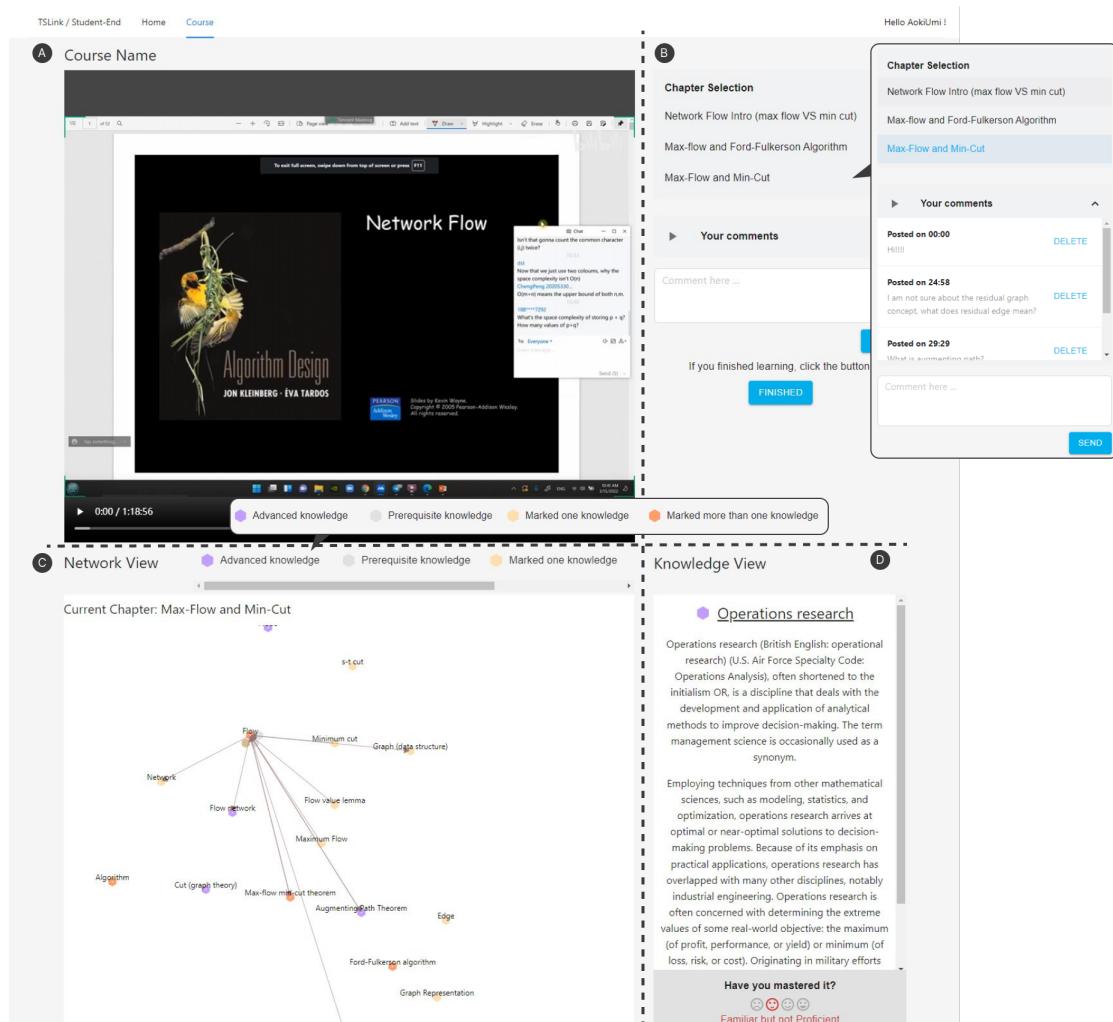


图 4.4 TSLink 学生端系统页面展示：(A) 教学视频播放区域。(B) 视频相关功能子区域，具体分为章节选择区、评论区与结课选择区。(C) 知识网络图可视化互动区域，学生可通过鼠标与网络图互动。(D) 知识点信息展示区域，学生可以通过点击网络图相关知识点来查看该知识点的详细信息并进行自我评估打分

4.4.1 学生端可视化系统设计

学生端页面主要分为两大板块：授课视频板块与知识网络图板块。如图4.4所示，授课视频板块从左到右分为两个板块：A板块为授课视频播放器，学生可自由拖动浏览视频，改变视频播放倍速等；B板块是视频相关的子功能区域，分别为章节选择区、评论区与结课选择区，主要与A区域视频播放器相关联，负责调整播放器进度，对视频内容发表相关评论，完成结课。与上板块相同，知识网络图从左到右分为两个板块：C板块包括图例介绍和下方的可缩放知识网络图；D板块是知识点的具体介绍。由于本系统是互动与可视化相结合的系统，许多板块间互相连通通信，并且每个板块有部分独特的互动式设计，下面将详细介绍各板块互动式联通的设计实现。

视频相关功能子区域的设计细节如图4.4所示。其中，章节选择器是跳转视频进度和改变C板块知识网络图的媒介。点击对应章节视频会自动跳转至章节开始的部分，同时C板块的视频网络图会随之变化，上方显示的目前章节名字也会随之变化。同样A板块中视频播放器视频进度的变化也会导致章节信息的改变。在此设计中章节变化会导致上下两部分的信息切换，是重要的联通信息。章节选择器下是可折叠的评论显示区域，此区域只会显示现用户的所有评论，用户可以删减和查看自己发布的所有评论信息，即对应的视频进度条时间与发布内容。评论发布区域下方则是负责记录用户已经完成学习的按钮，点击此按钮会上传用户的所有数据到后端，包括视频播放数据、评论数据、以及下方知识图区域的评分数据。由于系统无法自行判断学生是否完成学习，用户需点击按钮确认自己主观完成了学习任务。

如图4.4所示，知识网络图C区域的顶栏是表示六边形颜色不同状态的含义的图例解释，当鼠标悬浮在图例的文字部分将显示详细解释如图4.5所示。紫色表示当堂课需要掌握的高级知识，包括当堂课学习的知识以及GPT联想得到的知识，即一级知识；灰色代表中间一级普通知识的前置知识，灰色六边形环绕紫色六边形表示这些灰色的知识是中间紫色知识的前置。而灰色的知识点表示浅黄色和深橙色表示的是该知识点已经被当前用户标记：当用户仅标记了当前知识点，则六边形显示为浅黄色；当用户同时标记了知识点的前置节点和知识点本身，则一级知识点代表的六边形显示为深橙色。

对于知识网络图中节点之间的关系，在章节4.2.3已经阐述了其骨架构成，便不多赘述。然而对于前置关系，边的箭头关系表示的是一级知识之间的前置关系，例如知识点1是知识点2的前置知识，并且两个知识点均与当堂课的基础知

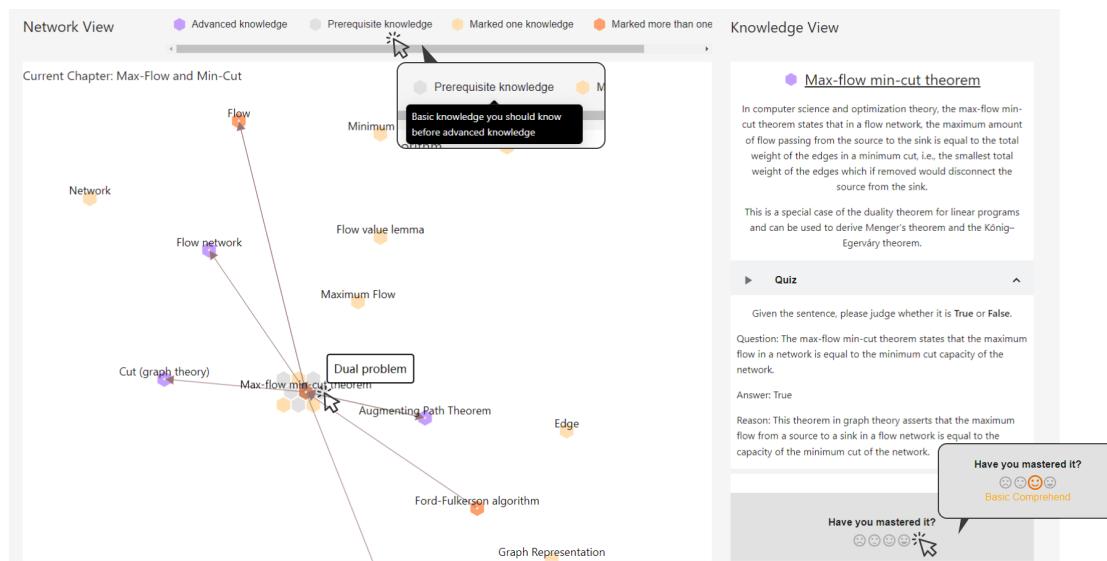


图 4.5 知识网络图区域细节展示

识，则会有一条边从知识点 2 发出指向知识点 1。而环绕在骨架知识周围的则是骨架知识点对应的维基百科爬取到的前置知识点。悬浮的黑色文字只展示骨架节点的名称，若用户想要进一步探索其前置节点的详细信息需要进一步和图片互动。初始时仅显示所有一级节点以及名称，用户点击相应一级节点会展开其周围的一级前置节点以及该一级节点连接的边。此设计缓解了边与节点过多对用户理解带来的负担，希望用户通过自行探索不断寻找自己的薄弱点。

用户可以使用鼠标滚轮进行放大缩小，放大缩小的同时图上文字和箭头大小也会随之改变，方便用户查找想要查看的知识点以及他们之间的联系。如图4.5所示鼠标悬浮在六边形上即会显示该六边形的知识点名称，鼠标点击相应六边形会加深当前六边形颜色以及在侧边显示知识点的详细介绍，包括知识点的名称、概念的详细介绍以及与该知识点相关联的判断题信息。其中判断题（Quiz）部分是可折叠的组件，点开后会展示判断题的描述、正确答案和答案解析。最下方的评分组件是固定的，用户鼠标滚动查看知识点详细信息时底栏不会随之变动。当用户鼠标悬浮在评分选择区域即表情图案，对应的表情会放大。如图4.5所示，用户点击确认后显示该表情对应的掌握程度的具体描述。其中评分的掌握程度由浅到深包括四种状态：从未听过或不熟悉，熟悉但不精通，基本掌握，完全精通；其中四种状态分别对应四种颜色：灰色，红色，橙色，绿色。一旦用户点击确认评分，左侧的知识网络图即会改变六边形颜色表示当前节点已经被标记。用户可以反复更改评分，系统会自动认定最后一次评分数据为最终评分。另外，切换章节更换网络图后标记信息不会丢失，由于不同章节会有共同的节点，该节点

的标记信息也会一并继承。

4.4.2 教师端可视化系统设计

教师端页面主要分为两大板块：授课视频数据可视化板块与知识网络图板块。如图4.6所示，授课视频数据可视化板块从左到右分为三个板块：A 板块为授课视频播放器，主要方便教师回忆视频内容；B 板块为学生评论数据的汇总显示，展示所有评论；C 板块为视频播放数据可视化显示，有两种互动方式可供切换。知识网络图板块为 D 板块，汇总了所有学生的评分数据将其以热力图形式展现给教师。

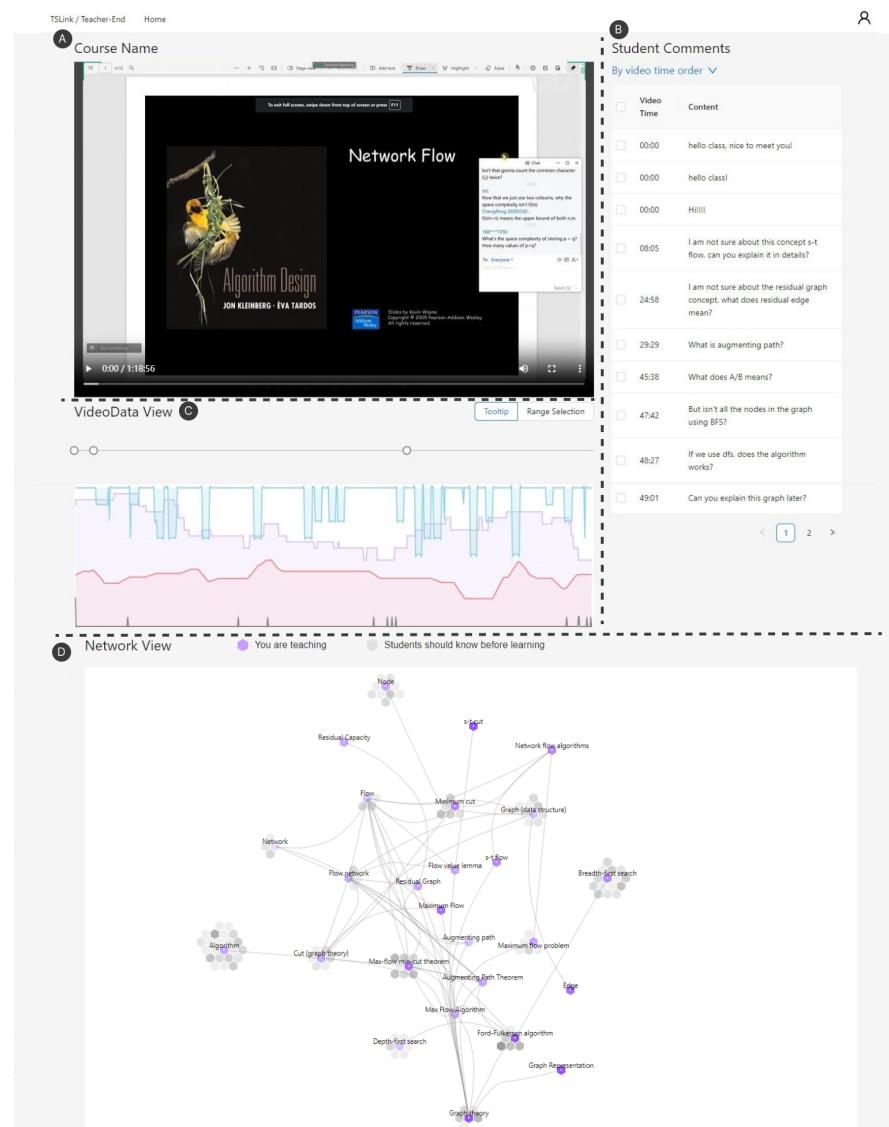


图 4.6 TSLink 教师端系统页面展示：(A) 教学视频播放区域。(B) 学生评论总览，可选择不同排序标准。(C) 学生视频播放数据可视化区域，可与图片进行互动。(D) 知识点网络图片展示区域，包含学生的评分数据汇总显示

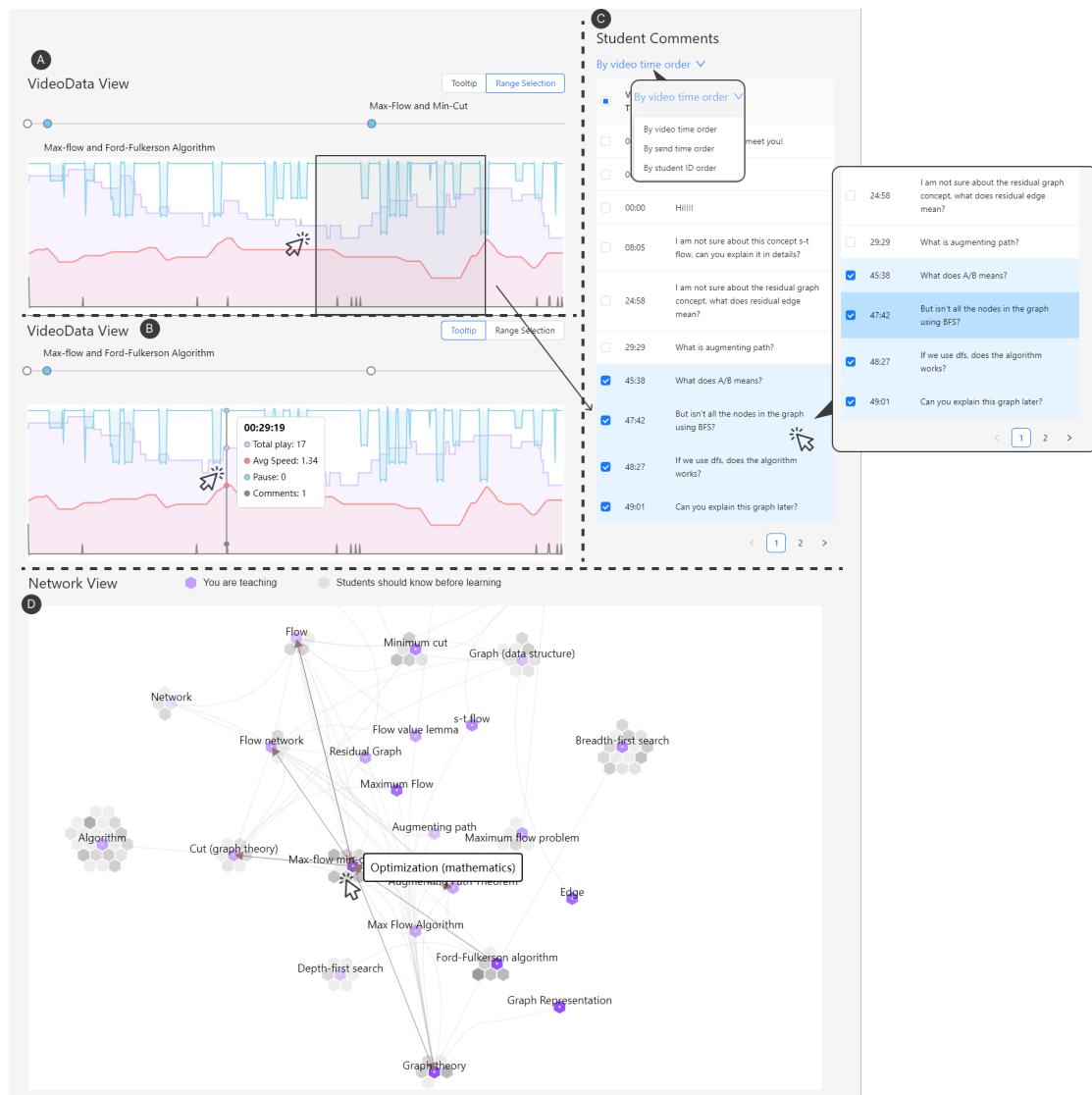


图 4.7 教师端互动内容总览

C 板块视频播放数据可视化设计细节如图4.7A、B 所示，互动方式分为区间选择（range selection）和显示提示（tooltip）。第一种用户可以通过鼠标选择想要选择的区间，选定的区间上方高亮区间包括的所有章节，侧边评论区蓝色高亮区间包含的所有评论。第二种互动方式用户可以用鼠标悬浮在图片上方，鼠标悬浮的区域会显示一条灰色竖直直线标明所有折线与其相交的交点，根据对应的时间上方高亮对应的单个章节，鼠标右边的浮动框显示对应时间轴时间，以及所有折现此刻的数值：紫色代表所有学生此时刻的播放总量，红色代表所有学生此时此刻的播放平均速度，蓝色代表所有学生此时刻的总计暂停次数，灰色代表所有学生此时刻的评论总量。同时，对于两种互动方式，用户均可通过鼠标点击图片来跳转视频播放到相应的时间轴位置，方便用户查找具体时间轴对应的视频内容。

学生评论汇总区域除了会高亮对应区间选择包含的所有评论，如图4.7C 所

示，用户还可以通过改变不同的排序属性来改变评论排序方式，即实际发布时间、对应视频时间轴的时间和作者 id。同时鼠标悬浮在被高亮的评论会加深其蓝色，评论最下方的页码数可以进行页码选择和翻页选择。

知识点网络图片展示区域如图4.6所示，由上方的图例和下方的知识图汇总网络图组成。图例表明紫色的节点代表一级节点，即教师正在教授的知识点；灰色的节点代表一级前置节点，即学生需要掌握的前置知识点。其热力图颜色深浅由学生标记得到的结果汇总决定，即学生掌握程度越低颜色越深，掌握程度越高颜色越浅。教师可通过颜色深浅总览全局找到学生的薄弱点。此外，保留学生端点击显示相关联边的设计，教师端增加了 edge bundling 算法^[39] 对边进行进一步可视化处理，方便用户明确边的走向、找出局部边的流向。在没有点击任何节点的初始情况，网络图仅呈现由 edge bundling 算法处理得到的边。如图4.7D 所示，当用户点击任意节点后显示原始的所有相关有向边，同时降低初始所有边的透明度。此外，除去鼠标点击不再改变节点颜色深浅的功能，其余的互动功能与学生端一致，包括鼠标缩放、悬浮等功能。

第五章 实例研究

本章节提供两组 TSLink 的使用场景说明，帮助用户分别从教师和学生角度更好的理解系统。

5.1 学生使用场景介绍

如图5.1所示，假定使用用户为学生，在进行登录操作后网页自动跳转到课程学习界面，用户点击视频开始网课学习。当用户学习到第二章节的最大流和网络流算法时，对其中一页的讲解产生了困惑，于是用户在评论区发表了自己的看法询问老师具体如何理解。同时当用户向下浏览知识网络图时，很快找到了自己不熟悉的这个知识点（Ford-Fulkson Algorithm），用鼠标放缩到合适大小并点击该六边形开始浏览其相关的前置知识点。在浏览过程中，用户结合侧边栏的概念简介和下方的 Quiz 题目进一步判断自己对这个知识的理解程度并打上自己的评分标记。不久，当用户浏览到增广路（Augmenting Path）这个知识点时，发现这恰好是自己课堂上困惑的源头。在仔细阅读了概念解读和相关题目之后，用户仍觉得有理解困难，于是将此知识点标记为了熟悉但并不了解。探索完了此块知识点后，用户随着边的连接指向继续探索了剩余知识点，对这个章节细分的知识点有了更全面的认知，更清晰地找到自己根本问题所在并排除了部分已经掌握的知识点，在知识点图上进行了详细的标注。进行完此块知识点的学习，用户随着课堂进度进一步推进，不断重复此过程，对课堂的所有知识都有了更深刻的理解。最后，在用户自行判断学习完整个课程之后，点击完成按钮提交自己的所有互动数据，学习完成。

在整个课堂过程中用户鲜有遇到反馈的障碍，能看到自己的评论、自由删除和发表，不用担心自己的评论会被老师以外的人看到，会更敢于发表自己的问题。针对知识点的熟悉度评分，用户也能通过概念解析和提供的判断题自行判断掌握程度并予以标记，帮助用户找到自己的问题所在，同时也大胆地反馈给老师自己存在的理解问题。



TSLink / Student-End Home Course Hello ly !

Course Name

Chapter Selection

Network Flow Intro (max flow VS min cut)

Max-flow and Ford-Fulkerson Algorithm

Max-Flow and Min-Cut

Your comments

Posted on 45:38
What does A/B means?
DELETE

Posted on 47:42
But isn't all the nodes in the graph using BFS?
DELETE

Comment here ...
SEND

If you finished learning, click the button!
FINISHED

Network View

Advanced knowledge Prerequisite knowledge Marked one

Current Chapter: Max-flow and Ford-Fulkerson Algorithm

Flow Graph (data structure) s-t flow Breadth-first search

Flow network Residual Graph Augmenting path Maximum flow problem

Max-flow min-cut theorem Max Flow Algorithm Ford-Fulkerson algorithm

Depth-first search Graph theory

Knowledge View

Augmenting path

In graph theory, a flow network (also known as a transportation network) is a directed graph where each edge has a capacity and each edge receives a flow. The amount of flow on an edge cannot exceed the capacity of the edge. Often in operations research, a directed graph is called a network, the vertices are called nodes and the edges are called arcs. A flow must satisfy the restriction that the amount of flow into a node equals the amount of flow out of it, unless it is a source, which has only outgoing flow, or sink, which has only incoming flow. A network can be used to model traffic in a computer network, circulation with demands, fluids in pipes, currents in an electrical circuit, or anything similar in which something travels through a network of nodes.

Quiz

Given the sentence, please judge whether it is True or False.

Have you mastered it?

Familiar but not Proficient

The screenshot shows a student's learning environment. At the top, there are navigation links: TSLink / Student-End, Home, Course, and a greeting Hello ly!. Below this is a section titled 'Course Name' with a dark background. To the right is a 'Chapter Selection' sidebar with several topics: Network Flow Intro (max flow VS min cut), Max-flow and Ford-Fulkerson Algorithm, and Max-Flow and Min-Cut. Below the sidebar is a 'Your comments' section with two posts and delete buttons. Further down is a 'Comment here ...' input field with a SEND button. A large video player window occupies the center-left, showing a video titled 'Ford-Fulkerson Algorithm' with a progress bar at 47:44 / 1:18:56. To the right of the video is a 'Knowledge View' panel containing a complex network diagram and a knowledge graph. The network diagram shows a flow network with nodes and edges labeled with capacities. The knowledge graph is a hierarchical tree with nodes like 'Flow', 'Graph (data structure)', 's-t flow', 'Breadth-first search', 'Flow network', 'Residual Graph', 'Augmenting path', 'Maximum flow problem', 'Max-flow min-cut theorem', 'Max Flow Algorithm', 'Ford-Fulkerson algorithm', 'Depth-first search', and 'Graph theory'. Nodes are colored purple (Advanced knowledge), grey (Prerequisite knowledge), or orange (Marked one). The knowledge view also includes a detailed description of an augmenting path, a quiz section with a True/False question, and a 'Have you mastered it?' section with a scale from 1 to 5.

图 5.1 案例说明：学生使用案例简单介绍

5.2 教师使用场景介绍

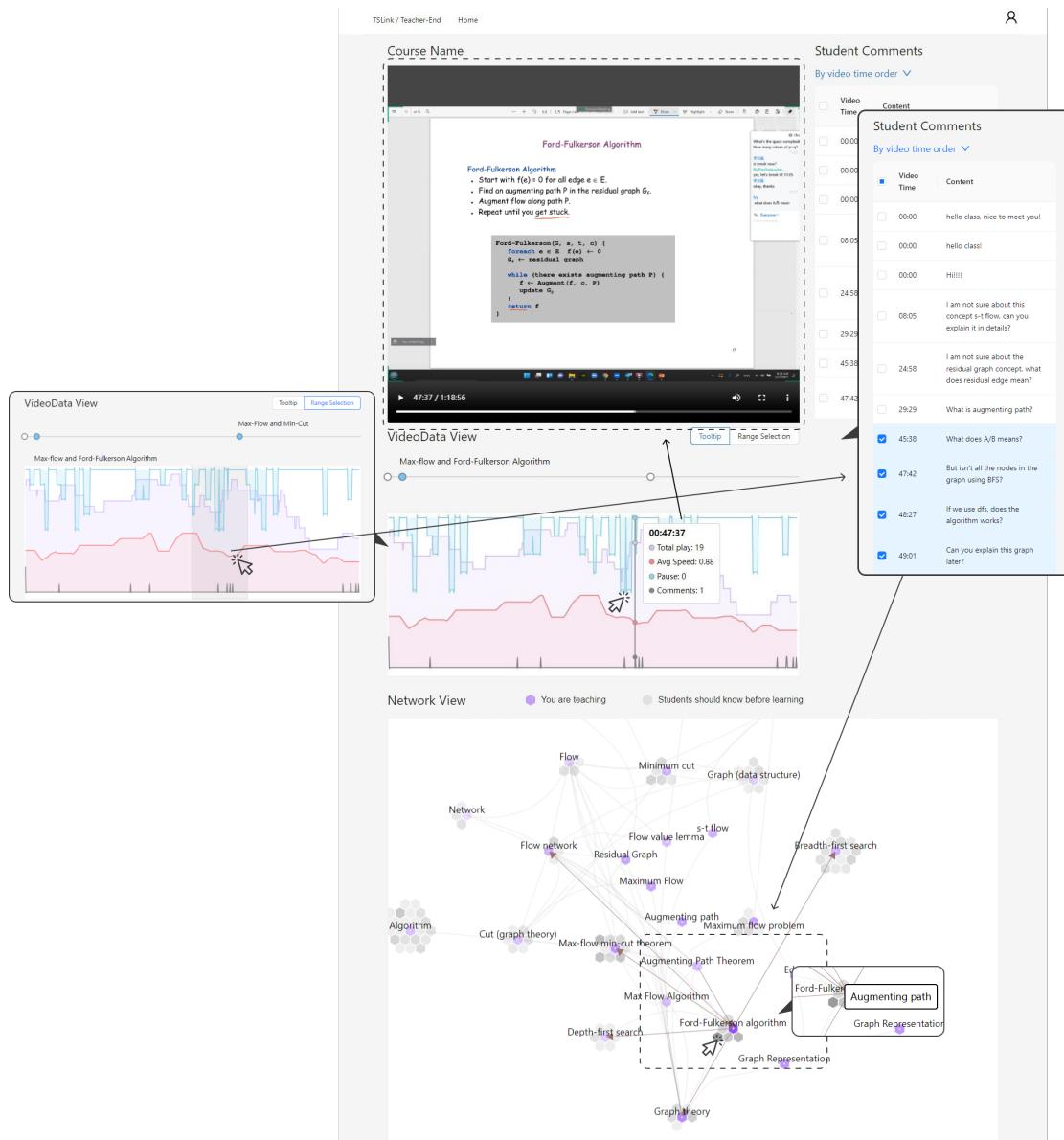


图 5.2 案例说明：教师使用案例简单介绍

如图5.2所示，假定使用用户为教师，在大部分学生均完成学习后浏览教师端进行课后分析。用户首先观察到视频数据波形图的所有数据，先用 Tooltip 模式尝试使用鼠标自行滑动查看详细数据。用户注意到 47 分前后播放数据稍有增加，视频评价播放速率略有下降，暂停数据也略有增多，同时评论数据也显著变多。于是用户在此处点击鼠标，视频跳转到相应时间，用户了解到此处是在讲解 Ford-Fulkson 算法，章节属于第二章。用户虽然初步了解了学生问题所在点，但由于此知识点设计内容甚广，用户仍不知道学生具体哪里有问题。于是用户切换到范围选择（Range Selection）模式，鼠标选中对应区间，在右侧立即找到了该

区间内的评论。通过阅读该评论用户进一步了解了学生问题所在，但由于评论涉及到的都是有关 ppt 和视频的具体步骤的困难，用户仍需要进一步了解学生对相关知识点的了解情况。于是，用户向下继续浏览知识网络图的相关信息。用户很快发现 Ford-Fulkson 算法节点附近颜色较深，于是点击该节点进一步了解其连接到的相关知识点。通过鼠标悬浮用户进一步找到了颜色最深的知识点——增广路（Augmenting path），由此教师明确了学生的问题，找到了学生最不理解的课堂讲解片段和有困难的相关知识点。

在利用系统不断探索的过程中用户经历了发现问题、定位问题、理解问题、明确问题的过程，不断加深对学生困难之处的理解。不仅仅停留在找到问题的浅层阶段，更是深入具体地理解了学生的问题和难处。

第六章 讨论

本章节将讨论本毕业设计的不足与优点，评估 TSLink 系统的实用性、可泛化性、局限性以及未来研究的方向。

6.1 本文贡献

本毕业设计的利用人工智能辅助分析和大数据爬取的手段，设计并实现出一个交互式智能辅助系统，以加强教师与学生的相互理解与沟通，帮助学生找到问题根源、帮助教师理解学生困难。在知识网络图的构建中，提出一种新型网络图设计，便于用户在探索中不断发现问题的所在，在与系统的交互过程中不断学习与进步。同时利用实时通信，进一步缩短了教师与学生沟通的时间间隔，帮助教师立即发现并解决问题。

6.2 实用性

TSLink 界面视觉逻辑流畅、设计简洁，用户学习成本较低，并且所有颜色使用符合设计规范。交互设计符合用户习惯，所有图表有图例说明表述清晰，帮助用户理解系统。同时，系统是自适应页面，能适应所有大小的屏幕，所有板块均按照对应比例缩小。系统网络图在用户自行放大缩小时文字大小与边之间的箭头也会随之变化大小，方便用户找到相应的节点，减少阅读负担。

6.3 可泛化性

本毕业设计的 AI 智能辅助系统不仅能用于计算机科学的算法课程教学，课程体系较为完善的理工学科（如物理化学，数学等）均能胜任。知识点有具体的前置关系，知识网络较为清晰的学科都能利用此系统增强学生对知识结构的理解。同时对于所有的课程视频只要包括 ppt 内容，均能通过本系统的算法后端的一系列算法抽取出知识网络图，具有较强泛用性。本系统也有较强的匿名保护性，学生 id 仅会透露给教师，学生的评论、互动数据与评分数据均以统计性数据反馈给教师，满足大部分学生隐私保护需求。

6.4 局限性

TSLink 虽然利好知识点网络清晰的理工类学科，但对于知识间联系较弱或者较模糊的部分学科如英语、语文等文学类学科，概念较为模糊的艺术类学科，抑或是以实践为主的实践类课程，本知识网络图仍有较大限制，可能不适合作为帮助学生探索、查漏补缺的辅助工具。同时，教师端播放数据折线图的展示与实现均有可优化的地方，可以加入更多数据，抑或是采用其他更适合的形式。对于知识点的清晰工作，目前仍需要人工筛选，并没有合适的自动化解决方案。此外，完成学习按钮的设计仍有待优化，或许存在更智能自动判断学生是否完成学习的方法，省去用户提交的麻烦。对于本系统的整体设计结构，上下滑动的设计与知识图的放大缩小互动略有冲突，可能会为用户带来不便。

6.5 未来研究方向

本系统仅展示了一节课视频的知识点探索与播放数据呈现，未来期望加入多课程选择系统，为教师与学生提供完整的慕课系统。学生端包括自行选择课程目录的多节课程选择设计，增加用户详情页面查看自己课程学习进度，知识点掌握情况等。教师端可加入涉及多节课的统计性数据展示，更细化的数据统计与可视化呈现等帮助教师总览整个慕课和探索单个课程的表现情况。其次，还应为教师加入课程资料、视频、课件等资料上传页面，帮助教师实时调整自己的教学计划，根据学生实时反馈及时调整教学视频，实现本系统旨在帮助教师提高教学能力的目的。

第七章 结论

为了缓解知识诅咒在教育中对师生之间互相理解与交流的影响，本毕业设计项目设计并实现了一个交互式人工智能辅助系统 TSLink，帮助教师摆脱知识诅咒带来的理解偏见，明确学生在学习中具体存在的问题。同时，帮助学生实现与老师无障碍沟通，更方便大胆地展现自己的不足与缺略，并通过独特的知识网络图结构不断探索自己的困难根源。较为快速的自动化信息传递设计也最大程度减少了学生与教师沟通的时间隔阂，让问题第一时间得到解决。经过实验案例分析表明，本系统的设计符合操作逻辑，使用流程清晰，较有效达到了本系统设计的目标。

诚然，本系统仍有学习成本较高、功能并不完善、以及算法后端实现流程等并未实现全自动化的问题。在未来工作中期望能继续加入更简单的用户引导，帮助用户迅速熟悉系统完善知识网络图的实现与设计；补充多个课程的选择以及数据可视化，打造更完整的网课平台；降低人工筛选成本，进一步优化实用性与泛用性。

参考文献

- [1] HANUSHEK E A, WOESSMANN L. Do better schools lead to more growth? cognitive skills, economic outcomes, and causation[J]. *Journal of economic growth*, 2012, 17: 267–321.
- [2] FISHER M, KEIL F C. The curse of expertise: When more knowledge leads to miscalibrated explanatory insight[J]. *Cognitive science*, 2016, 40(5): 1251–1269.
- [3] WIEMAN C. The “curse of knowledge,” or why intuition about teaching often fails.[J]. American Physical Society News, 2007, 16(10): The Back Page.
- [4] KENNEDY J. Debiasing the curse of knowledge in audit judgment[J]. *Accounting Review*, 1995: 249–273.
- [5] PIPIA E, DOGHONADZE N, CHKOTUA M, et al. Curse or blessing of education? mitigation of adverse effects of challenges of communication between teachers and students[C]// INTED2022 Proceedings. Valencia: IATED, 2022: 2234–2243.
- [6] AMBROSE S A, BRIDGES M W, DIPIETRO M, et al. How learning works: Seven research-based principles for smart teaching[M]. San Francisco: Jossey Bass, 2010.
- [7] TULLIS J G, FEDER B. The “curse of knowledge” when predicting others’ knowledge[J]. *Memory & Cognition*, 2023, 51(5): 1214–1234.
- [8] EBBINGHAUS H. Memory: A contribution to experimental psychology[J]. *Annals of neurosciences*, 2013, 20(4): 155.
- [9] MA S, ZHOU T, NIE F, et al. Glancee: An adaptable system for instructors to grasp student learning status in synchronous online classes[C]//Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New Orleans: ACM, 2022: 1–25.
- [10] SEN A, LEONG C K C. Technology-enhanced learning[M]. Cham: Springer International Publishing, 2019: 1–8.
- [11] CHIU C K, TSENG J C R. A bayesian classification network-based learning status management system in an intelligent classroom[J]. *Educational Technology Society*, 2021, 24(3): 256–267.
- [12] HOLSTEIN K, MCLAREN B M, ALEVEN V. Intelligent tutors as teachers’ aides: exploring teacher needs for real-time analytics in blended classrooms[C]//Proceedings of the seventh international learning analytics & knowledge conference. Vancouver, Canada: ACM, 2017: 257–266.
- [13] DIWANJI. P, HINKELMANN. K, WITSCHEL. H. Enhance classroom preparation for flipped classroom using ai and analytics[C]//Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems - Volume 1: ICEIS. Madeira, Portugal: SciTePress, 2018: 477–483.
- [14] FROYD J, LAYNE J. Faculty development strategies for overcoming the “curse of knowledge” [C]//2008 38th Annual Frontiers in Education Conference. Saratoga Springs: IEEE, 2008: S4D–13–S4D–16.

- [15] CARTER E R, ONYEADOR I N, LEWIS JR N A. Developing & delivering effective anti-bias training: Challenges & recommendations[J]. *Behavioral Science & Policy*, 2020, 6(1): 57–70.
- [16] HEATH C, HEATH D. *Made to stick: Why some ideas survive and others die*[M]. Random House, 2007.
- [17] XIONG C, VAN WEELEN L, FRANCONERI S. The curse of knowledge in visual data communication[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2020, 26(10): 3051–3062.
- [18] CAMERER C, LOEWENSTEIN G, WEBER M. The curse of knowledge in economic settings: An experimental analysis[J]. *Journal of political Economy*, 1989, 97(5): 1232–1254.
- [19] LEARN H P. Brain, mind, experience, and school[J]. Committee on Developments in the Science of Learning, 2000.
- [20] SADLER P M, SONNERT G, COYLE H P, et al. The influence of teachers' knowledge on student learning in middle school physical science classrooms[J]. *American Educational Research Journal*, 2013, 50(5): 1020–1049.
- [21] MCDERMOTT L C, REDISH E F. Resource letter: Per-1: Physics education research[J]. *American journal of physics*, 1999, 67(9): 755–767.
- [22] ZHAO J, BHATT C, COOPER M, et al. Flexible learning with semantic visual exploration and sequence-based recommendation of mooc videos[C]//Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems. Montreal QC Canada: ACM, 2018: 1–13.
- [23] YANG C C, CHEN I Y, AKÇAPINAR G, et al. Using a summarized lecture material recommendation system to enhance students' preclass preparation in a flipped classroom[J]. *Educational Technology & Society*, 2021, 24(2): 1–13.
- [24] ADOMAVICIUS G, TUZHILIN A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions[J]. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 2005, 17(6): 734–749.
- [25] MURAYAMA T, SUGITA S, SAEGUSA H, et al. iknowde: Interactive learning path generation system based on knowledge dependency graphs[C]//Adjunct Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. San Francisco: ACM, 2023: 1–3.
- [26] RAFAELI S, DAN-GUR Y, BARAK M. Social recommender systems: recommendations in support of e-learning[J]. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 2005, 3(2): 30–47.
- [27] SALEHI M, KAMALABADI I N. Hybrid recommendation approach for learning material based on sequential pattern of the accessed material and the learner's preference tree[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2013, 48: 57–69.
- [28] LIU S, CHEN Y, HUANG H, et al. Towards smart educational recommendations with reinforcement learning in classroom[C]//2018 IEEE international conference on teaching, assessment, and learning for engineering (TALE). Wollongong, NSW, Australia: IEEE, 2018: 1079–1084.

- [29] DIWANJI P, HINKELMANN K, WITSCHEL H F. Enhance classroom preparation for flipped classroom using ai and analytics.[C]//ICEIS (1). Funchal, Madeira, Portugal: ICEIS, 2018: 477–483.
- [30] CALIC J, IZUIERDO E. Efficient key-frame extraction and video analysis[C]//Proceedings. International Conference on Information Technology: Coding and Computing. Las Vegas: IEEE, 2002: 28–33.
- [31] ASHA PAUL M K, KAVITHA J, JANSI RANI P A. Key-frame extraction techniques: A review [J]. Recent Patents on Computer Science, 2018, 11(1): 3–16.
- [32] LI C, LIU W, GUO R, et al. Pp-ocrv3: More attempts for the improvement of ultra lightweight ocr system[J]. arXiv:2206.03001, 2022.
- [33] BROWN T, MANN B, RYDER N, et al. Language models are few-shot learners[J]. Advances in neural information processing systems, 2020, 33: 1877–1901.
- [34] ZESCH T, GUREVYCH I, MÜHLHÄUSER M. Analyzing and accessing wikipedia as a lexical semantic resource[J]. Data Structures for Linguistic Resources and Applications, 2007, 197205.
- [35] AGIRRE E, EDMONDS P. Word sense disambiguation: Algorithms and applications: volume 33[M]. Springer Science & Business Media, 2007.
- [36] BANG-JENSEN J, GUTIN G Z. Digraphs: theory, algorithms and applications[M]. Springer Science & Business Media, 2008.
- [37] KOBOUROV S G. Spring embedders and force directed graph drawing algorithms[J]. arXiv:1201.3011, 2012.
- [38] AURENHAMMER F. Voronoi diagrams—a survey of a fundamental geometric data structure [J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 1991, 23(3): 345–405.
- [39] HOLTEN D, VAN WIJK J J. Force-directed edge bundling for graph visualization[C]// Computer graphics forum: volume 28. Wiley Online Library, 2009: 983–990.

致 谢

历经漫长的三个多月，毕业论文终于迎来了尾声，转眼就要开启新的旅途了，不知不觉又向着梦想更进了一步。感谢胡同学对我毕设设计与实现做出的巨大贡献，没有他的帮助我一定写不出来现在比较完善的系统，经历此次大型 react 实践项目的历练，我代码能力又增加了不少，为之后的学习做好了坚实的铺垫。感谢 UW-Madison 的 CS571, CS564, CS559, CS320 对此项目的卓越贡献，没有 CS571 打下的坚实 React 基础和导师的热情解答，本毕业设计连雏形都难以做到。CS564 贡献了本系统后端代码的数据库核心实现，感谢 Ahai 的悉心讲解让我提前熟练运用 SQLite。CS559 贡献了大量 JavaScript 运用实践，包括 svg 的绘画运用等。CS320 涉及的 flask 也为我搭建理解多样化后端做出了很大贡献。感谢上科大对 3+1 交换项目的鼎力支持，一年来的学习受益匪浅。很可惜这些知识只在大三、大四学年得到充分的学习和锻炼，不敢想象没有这段交流经历我的毕设又将面临怎样的痛苦。

感谢身边所有同学、朋友、家人、老师对此毕业设计的支持，感谢所有参与调研、问卷与访谈的亲朋好友们、陌生人们让这个系统变得越来越好，让我们更能了解大家的需求和理想。感谢每一位为此毕业设计做出过贡献的人们。同时特别感谢我的室友、闺蜜、挚友、好友在本毕业设计陷入难关时的鼎力支持，帮助我抒发内心的情感与压抑，坚持做完整个系统写完论文，克服遇到的种种困难，有且不限于代码实现、心里挫折等。

感谢刘学姐和李权老师以及 ViSeer 实验室对本毕业设计的大力支持。感谢学姐悉心解答我的各种问题，在我初入一个不熟悉的领域时给予我充分的指导和反馈。即使是大家都不太擅长的领域，学姐也和我一起讨论和探寻最优的解决方案，尽可能帮我分析问题，指导我、帮助我。感谢李老师的细心又严格的指导，帮助我反复修改系统、更改系统逻辑与功能，使其更具有可用性与美观性。即使系统已经拥有雏形，也给予了我很多修改意见，一步步精进到现在的模样。同时李老师还十分平易近人，经常来实验室串门，分享生活中的趣事与见闻，在忙碌的工作与学习中让我们感受到了一丝关怀。在大家都在赶文章的时候，李老师也和同学们同甘共苦、一同奋斗，甚至一起和同学们讨论到凌晨，让我感受到了 ViSeer 实验室的凝聚力与团结。

感谢隔壁实验室的杜同学、ChatGPT3.5 对本系统后端的大力支持。感谢杜

同学的后端数据支持，有什么问题都和我积极沟通，我们前后端对接非常愉快，遇到问题一同解决商量，效率也是极其之高，对我毕设的代码建设具有功不可没的作用。同时，杜同学撰写的后端数据计算流程概览也对我论文的撰写有极大的帮助，帮助我快速梳理思绪，迅速理解后端计算逻辑。ChatGPT 更是在本代码遇到各种细节困难时一直给我出谋划策，独立实现自适应 svg 与布局多亏了 GPT 的功劳，再次感谢 GPT 对我结合 React 与 D3 库代码实现的强力支持。

最后感谢博德之门 3 与守望先锋对本毕业设计的精神支持，作为精神支柱一直在我失意时给予快乐、在压抑时解放心灵。

至此致谢也进入尾声，以上感谢不分先后、不分轻重，再次感谢予以我支持的人们和精神支柱，希望未来会更好。